



TUGAS AKHIR SM-141501

**PENERAPAN TEORI ANTRIAN DAN ANALISIS
TRADE-OFF PADA PROSES PRODUKSI
PERCETAKAN**

**KURNIA ROBBY ALFAZRI
NRP 1211 100 067**

**Dosen Pembimbing
Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si.**

**JURUSAN MATEMATIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT SM-141501

***QUEUE THEORY APPLICATION AND
ANALYSIS OF TRADE-OFF IN THE PRINTING
PRODUCTION PROCESS***

KURNIA ROBBY ALFAZRI
NRP 1211 100 067

Supervisor
Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si.

MATHEMATICS DEPARTMENT
Faculty of Mathematics and Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

PENERAPAN TEORI ANTRIAN DAN ANALISIS *TRADE-OFF* PADA PROSES PRODUKSI PERCETAKAN
(Studi Kasus : PT. Temprina Media Grafika Gresik)

Nama : Kurnia Robby Alfazri
NRP : 1211100067
Jurusan : Matematika
Dosen Pembimbing : Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si
Abstrak

Pada proses produksi percetakan, ukuran-ukuran kinerja pada sistem pemrosesan seperti ekspektasi waktu yang dibutuhkan gulungan kertas dalam sistem, ekspektasi waktu gulungan kertas dalam antrian pemrosesan, banyak gulungan kertas dalam antrian dan banyak gulungan kertas dalam sistem perlu diperhatikan, karena ukuran-ukuran kinerja merepresentasikan suatu pola sistem produksi percetakan yang berjalan dan berpengaruh pada biaya yang dikeluarkan perusahaan dalam menjalankan proses produksi. Dalam penelitian ini digunakan model antrian (GI/G/s);(FIFO/I/I) untuk menentukan ukuran-ukuran kinerja pada sistem pemrosesan gulungan kertas dan analisis *trade-off* untuk menentukan jumlah server yang optimal sehingga tercapai minimum total cost untuk setiap jam pemrosesan. Dari hasil analitik diperoleh ekspektasi waktu tunggu gulungan kertas dalam antrian pada kisaran 14 sampai 763 detik. Ekspektasi waktu tunggu gulungan kertas dalam sistem pada kisaran 2744 sampai 4388 detik. Ekspektasi banyak gulungan kertas dalam antrian 0,888 gulungan kertas per jam. Ekspektasi banyak gulungan kertas dalam sistem pada kisaran 1,651 sampai 4,427 gulungan kertas per jam. Minimum total cost terkecil sebesar Rp 1.355.291,00 dengan penggunaan lima *server* dan minimum total cost terbesar sebesar Rp 2.545.014,00 dengan penggunaan sembilan *server*.

Kata Kunci: Proses Produksi Percetakan, Model Antrian (GI/G/s);(FIFO/I/I), Analisis *Trade-Off*.

QUEUE THEORY APPLICATION AND ANALYSIS OF TRADE-OFF IN THE PRINTING PRODUCTION PROCESS

(Case Study: PT. Temprina Media Grafika Gresik)

Name : Kurnia Robby Alfazri
NRP : 1211100067
Department : Mathematics
Supervisor : Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si
Abstract

In the printing production process, performance measures on processing systems such as expectations of the time it takes a roll of paper in the system, expectations of a roll of paper in the processing queue, lots of rolls of paper in the queue and many rolls of paper in the system need to be considered, because the performance measures represent a pattern of printing production system running and the effect on the cost incurred by the company in carrying out the production process. This study used queue model (GI/G/s);(FIFO/I/I) to determine the performance measures on a roll of paper processing systems and trade-off analysis to determine the optimal number of servers in order to reach the minimum total cost for each hours of processing. From the analytical results obtained by expectations of a roll of paper waiting time in the queue in the range of 14 to 763 seconds. Expectations paper rolls waiting time in the system in the range of 2744 to 4388 seconds. Expectations of many rolls of paper in the queue 0.888 rolls of paper per hour. Expectations of many rolls of paper in the system in the range of 1.651 to 4.427 rolls of paper per hour. Minimum smallest total cost of Rp 1,355,291.00 with the use of five servers and a minimum total cost of Rp 2,545,014.00 with the use of nine servers.

Keywords: *Printing Production Process, Queue Model (GI/G/s);(FIFO/I/I), Trade-Off Analysis.*

LEMBAR PENGESAHAN

**PENERAPAN TEORI ANTRIAN DAN ANALISIS
TRADE-OFF PADA PROSES PRODUKSI PERCETAKAN
(STUDI KASUS : PT. TEMPRINA MEDIA GRAFIKA)**

***QUEUE THEORY APPLICATION AND ANALYSIS OF
TRADE-OFF IN THE PRINTING PRODUCTION PROCESS
(CASE STUDY: PT. TEMPRINA MEDIA GRAFIKA GRESIK)***

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada bidang studi Matematika Terapan
Program Studi SI Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

**KURNIA ROBBY ALFAZRI
NRP. 1211 100 067**



Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
FMPA-ITS

Prof. Dr. Ena Apriliani M.Si
NIP. 19660414 199102 2 001

Menyetujui,
Dosen Pembimbing,

Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si
NIP. 19600527 198701 1 001

Surabaya, Juli 2015

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang telah memberikan kesehatan, kesempatan, dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Sholawat serta salam tetap terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW. yang telah membimbing umat-Nya dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang dengan penuh ilmu.

Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Strata-1 pada Bidang Studi Ilmu Komputer Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini penulis mendapatkan kemudahan dan kelancaran berkat nasihat, dukungan serta dorongan dari berbagai pihak, diantaranya:

1. Ibu Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si, selaku Ketua Jurusan yang dengan sabar memberikan nasihat kepada seluruh mahasiswa Matematika.
2. Bapak Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu dan memberikan dukungan ilmu dan pengetahuan yang sangat bermanfaat bagi penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si., Bapak Drs. Suhud Wahyudi, M.Si., Ibu Dr. Dwi Ratna Sulistyaningrum, S.Si, MT. dan Ibu Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, berupa kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Chairul Imron, MI.Komp., selaku Kaprodi S1 Jurusan Matematika FMIPA ITS yang telah memberi kesempatan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Drs. Lukman Hanafi, M.Sc., selaku dosen wali yang telah memberi nasihat, pertimbangan serta arahan akademik selama ini.

6. Bapak Yusuf selaku Manager HRD PT. Temprina Media Grafika Gresik dan Bapak Joko selaku Kepala Bagian PPIC yang sudah mengizinkan saya melakukan observasi pada bagian percetakan serta Mas Budi Dwi selaku staff PPIC yang dengan sabar memberikan pengarahan dan bimbingannya mengenai proses percetakan yang berjalan.
7. Seluruh keluarga besar Jurusan Matematika dan PT. Temprina Media Grafika Gresik yang telah memberikan kemudahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Terima Kasih kepada semua yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis juga menyadari dan memohon maaf bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini jauh dari kesempurnaan, maka kepada semua pembaca Tugas Akhir ini diharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dan memberikan sebuah karya Tugas Akhir yang jauh lebih baik kedepan.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Keberhasilan dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari orang-orang terdekat penulis. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ayah, Ibu, Kakak dan Adik atas nasihat, dukungan dan doa sebagai pemacu semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Muhammad Danar Ramadhan, Aliffia Permata Sakarosa, Muhammad Nashiruddin Azhar yang sudah banyak sekali meluangkan waktunya dan membantu dalam penyelesaian simulasi antrian yang diterapkan.
3. Firdausin Nuzula yang sudah membantu mencari buku referensi.
4. Mas Tommy Yoga, yang sudah meluangkan waktunya untuk berdiskusi mengenai permasalahan Tugas Akhir ini.
5. Agyl, Gembot, Virama, Musa, Agus, Andika, Reza, Alan yang membagi kegembiraan diluar jam perkuliahan.
6. Saudara-saudara penghuni Lab. ROPD yang kalau mengerjakan Tugas Akhir gaduh terus dan heboh.
7. Keluarga Besar Matematika ITS Angkatan 2011.
8. Mas Marwoto selaku pembimbing PSG dan siswa-siswa SMKN 1 Mojoanyar yang melaksanakan PSG di PT. Temprina Media Grafika Gresik yang berbagi pengetahuan mengenai percetakan media cetak.
9. Keluarga Besar Paguyuban KSE ITS dan Keluarga Besar KSR PMI ITS, yang menjadi keluarga keduaku di Surabaya.
10. Seluruh teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu per satu atas doa dan dukungannya.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR SIMBOL	xxiii
DAFTAR LAMPIRAN	xxv

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Antrian.....	5
2.2 Komponen Dasar Antrian.....	5
2.3 Mekanisme Pelayanan.....	6
2.4 Jenis Sistem Antrian.....	7
2.5 Disiplin Antrian.....	8
2.6 Notasi Kendall.....	9
2.7 Notasi Dalam Antrian.....	9
2.8 Sistem Antrian.....	11
2.9 Model-Model Antrian.....	14
2.9.1 Model M/M/1/I/1.....	14
2.9.2 Model M/M/s/I/1.....	17
2.9.3 Model M/G/1.....	19
2.9.4 Model GI/G/s;(FIFO/I/I).....	20

2.10 Analisa <i>Trade-Off</i>	21
2.11 Analisa Data Statistik	22
2.12 Pemilihan Distribusi Probabilitas	23
2.12.1 Pendugaan Distribusi Data	23
2.12.2 Distribusi Eksponensial dan Distribusi Poisson	24
2.12.3 Distribusi Gamma dan Distribusi Weibull	25
2.12.4 Uji Hipotesa Distribusi Probabilitas	28
2.13 Simulasi Sistem <i>Discrete Event</i>	29

BAB III. METODOLOGI

3.1 Sumber Data	31
3.2 Variabel Penelitian	31
3.3 Langkah Analisis	32
3.4 Diagram Alir	33

BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum PT. Temprina Media Grafika	35
4.2 Data Masukan	36
4.3 Statistika Deskriptif	37
4.3.1 Tingkat Kedatangan Gulungan Kertas	37
4.3.2 Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas	38
4.3.3 Waktu Pemrosesan	39
4.3.4 Sisa Gulungan Kertas	40
4.4 Pendugaan Distribusi Probabilitas	41
4.5 Uji Hipotesa Distribusi Probabilitas	44
4.5.1 Uji Distribusi Poisson Data Tingkat Kedatangan Gulungan Kertas	45
4.5.2 Uji Distribusi Eksponensial Pada Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas	45
4.5.3 Uji Distribusi Gamma Pada Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas	46
4.5.4 Uji Distribusi Weibull Pada Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas	48


4.5.5 Uji Distribusi Gamma Pada Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas.....	49
4.5.6 Uji Distribusi Weibull Pada Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas.....	50
4.6 Penentuan Model Antrian dan Analisa Ukuran-Ukuran Kinerja Sistem Antrian	52
4.6.1 Tingkat Kesibukan Sistem (ρ)	52
4.6.2 Probabilitas Tidak Ada Gulungan Kertas Dalam Sistem.....	53
4.6.3 Ekspektasi Banyak Gulungan Kertas Dalam Antrian (L_q)	53
4.6.4 Ekspektasi Banyak Gulungan Kertas Dalam Sistem (L)	54
4.6.5 Ekspektasi Waktu Tunggu Dalam Antrian (W_q)	55
4.6.6 Ekspektasi Waktu Tunggu Dalam Sistem (W).....	55
4.7 Analisa <i>Trade-Off</i>	58
4.7.1 Penentuan Biaya Waktu Menunggu.....	58
4.7.2 Penentuan Biaya Pemrosesan	59
4.7.3 Penentuan Biaya Total (<i>Total Cost</i>).....	60
4.8 Implementasi Dalam Simulasi.....	74
4.8.1 Variabel-Variabel Dalam Simulasi.....	74
4.8.2 Implementasi Perangkat Lunak.....	77
4.8.3 Implementasi Antar Muka	84
4.8.4 Perbandingan Hasil Simulasi Dengan Perhitungan Analisa.....	84
BAB V. KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan.....	93
DAFTAR PUSTAKA	95
LAMPIRAN	93
BIODATA PENULIS	147



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Single Channel, Single Phase</i>	7
Gambar 2.2 <i>Single Channel, Multi Phase</i>	7
Gambar 2.3 <i>Multi Channel, Single Phase</i>	7
Gambar 2.4 <i>Multi Channel, Multi Phase</i>	8
Gambar 2.5 <i>Figure Rate In Rate Out</i>	11
Gambar 2.6 <i>Grafik Trade-Off</i>	22
Gambar 3.1 <i>Diagram Alir Langkah-Langkah Penelitian</i>	33
Gambar 4.1 <i>Pemrosesan Gulungan Kertas</i>	36
Gambar 4.2 <i>Trade-Off</i> <i>Senin 9 Maret 2015</i>	62
Gambar 4.3 <i>Trade-Off</i> <i>Selasa 10 Maret 2015</i>	63
Gambar 4.4 <i>Trade-Off</i> <i>Rabu 11 Maret 2015</i>	64
Gambar 4.5 <i>Trade-Off</i> <i>Kamis 12 Maret 2015</i>	65
Gambar 4.6 <i>Trade-Off</i> <i>Jum'at 13 Maret 2015</i>	67
Gambar 4.7 <i>Trade-Off</i> <i>Sabtu 14 Maret 2015</i>	68
Gambar 4.8 <i>Trade-Off</i> <i>Selasa 17 Maret 2015</i>	69
Gambar 4.9 <i>Trade-Off</i> <i>Rabu 18 Maret 2015</i>	70
Gambar 4.10 <i>Trade-Off</i> <i>Kamis 19 Maret 2015</i>	72
Gambar 4.11 <i>Trade-Off</i> <i>Jum'at 20 Maret 2015</i>	73
Gambar 4.12 <i>Figure Generate Simulasi Antrian Pemrosesan Gulungan Kertas</i>	84



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Notasi Yang Sering Digunakan Dalam Antrian.....	10
Tabel 4.1 Tingkat Kedatangan Gulungan Kertas Setiap Satu Jam (9 Maret 2015-20 Maret 2015).	37
Tabel 4.2 Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas (9 Maret 2015-20 Maret 2015)	38
Tabel 4.3 Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas (9 Maret 2015-20 Maret 2015)	39
Tabel 4.4 Sisa Gulungan Kertas (9 Maret 2015-20 Maret 2015)	40
Tabel 4.5 Data Pendugaan Distribusi Pada Waktu Antar Kedatangan	41
Tabel 4.6 Data Pendugaan Distribusi Pada Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas.....	42
Tabel 4.7 Parameter-Parameter Distribusi Pada Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas (9 Maret 2015-20 Maret 2015)	43
Tabel 4.8 Parameter-Parameter Distribusi Pada Data Waktu Proses Produksi (9 Maret 2015-20 Maret 2015)	44
Tabel 4.9 Pengujian Hipotesa Pada Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas	47
Tabel 4.10 Pengujian Hipotesa Pada Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas	49
Tabel 4.11 Pengujian Hipotesa Pada Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas.....	50
Tabel 4.12 Pengujian Hipotesa Pada Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas.....	51
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Ukuran Kinerja Sistem Antrian Gulungan Kertas	56

Tabel 4.14	Biaya Total Berdasarkan Jumlah <i>Server</i> Pada Senin 9 Maret 2015	60
Tabel 4.15	Biaya Total Berdasarkan Jumlah <i>Server</i> Pada Selasa 10 Maret 2015	61
Tabel 4.16	Biaya Total Berdasarkan Jumlah <i>Server</i> Pada Rabu 11 Maret 2015	63
Tabel 4.17	Biaya Total Berdasarkan Jumlah <i>Server</i> Pada Kamis 12 Maret 2015	64
Tabel 4.18	Biaya Total Berdasarkan Jumlah <i>Server</i> Pada Jum'at 13 Maret 2015	66
Tabel 4.19	Biaya Total Berdasarkan Jumlah <i>Server</i> Pada Sabtu 14 Maret 2015	66
Tabel 4.20	Biaya Total Berdasarkan Jumlah <i>Server</i> Pada Selasa 17 Maret 2015	68
Tabel 4.21	Biaya Total Berdasarkan Jumlah <i>Server</i> Pada Rabu 18 Maret 2015	69
Tabel 4.22	Biaya Total Berdasarkan Jumlah <i>Server</i> ada Kamis 19 Maret 2015	71
Tabel 4.23	Biaya Total Berdasarkan Jumlah <i>Server</i> Pada Jum'at 20 Maret 2015	71
Tabel 4.24	Utilitas (Tingkat Kesibukan) Optimal Berdasarkan Analisa <i>Trade-Off</i>	73
Tabel 4.25	Hasil Simulasi Antrian Empat <i>Server</i>	85
Tabel 4.26	Hasil Simulasi Antrian Lima <i>Server</i>	86
Tabel 4.27	Hasil Simulasi Antrian Enam <i>Server</i>	87
Tabel 4.28	Ukuran Pemusatan Dan Persebaran Data Hasil Simulasi	89
Tabel 4.29	Ukuran-Ukuran Kinerja Sistem Antrian	89

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
C_n	Ukuran kesetimbangan sistem
P_n	Probabilitas n-unit dalam sistem
P_0	Probabilitas tidak ada <i>unit</i> dalam sistem
s	Jumlah <i>server</i> pelayanan atau pemrosesan
μ	Tingkat pelayanan atau pemrosesan <i>unit</i>
λ	Tingkat kedatangan <i>unit</i>
ρ	Tingkat kesibukan sistem
L_q	Ekspektasi banyak unit dalam antrian
L	Ekspektasi banyak unit dalam sistem
W_q	Ekspektasi waktu tunggu dalam antrian
W	Ekspektasi waktu tunggu dalam sistem
\bar{x}	Rata-rata data
S	Standart deviasi data
S^2	Variansi data
cv	Koefisien variansi
c_1	Biaya pelayanan atau pemrosesan
c_2	Biaya menunggu
\overline{nt}	Faktor menunggu
$E(c_1)$	Ekspektasi biaya pelayanan atau pemrosesan
$E(c_2)$	Ekspektasi biaya menunggu
TC	<i>Total cost</i>
α	Parameter bentuk (<i>shape parameter</i>)
β	Parameter skala (<i>scale parameter</i>)

“Halaman Sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A Data Hasil Pengamatan Antrian Gulungan Kertas, Biaya Listrik dan Harga Kertas PadaProses Produksi Percetakan di PT. Temprina Media Grafika	95
LAMPIRAN B Data Hasil Uji Kolmogorov-Smirnov	115
LAMPIRAN C <i>Source Code</i> Program Simulasi	141



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era globalisasi, banyak perusahaan utamanya perusahaan percetakan media cetak yang berusaha meningkatkan mutu pelayanan pada bidang produksi barang berupa proses produksi yang cepat maupun peningkatan kualitas barang produksi. Untuk mencapainya, perusahaan, perlu menerapkan suatu konsep proses produksi yang optimal, dimana proses produksi menekankan biaya minimum dan waktu produksi minimum sehingga diperoleh hasil produksi yang sesuai dan keuntungan yang tinggi.

Dalam proses produksi, kapasitas mesin produksi sangat berpengaruh, karena menentukan waktu yang diperlukan untuk menghasilkan barang produksi. Peningkatan produksi bisa dilakukan dengan cara penambahan mesin produksi yang baru, sehingga laju produksi akan semakin cepat dan mengurangi biaya menunggu gulungan kertas sebagai bahan baku yang berupa *opportunity cost*, namun akan menambah biaya operasional produksi.

Dengan demikian, suatu analisa terhadap ukuran-ukuran kinerja sistem proses produksi yang berkaitan dengan tingkat kedatangan gulungan kertas dan tingkat pemrosesannya yang meliputi ekspektasi gulungan kertas dalam sistem, ekspektasi gulungan kertas dalam antrian, ekspektasi waktu tunggu gulungan kertas dalam sistem dan dalam antrian menjadi sangat penting karena merepresentasikan pola sistem produksi yang berjalan.

Pada penelitian ini dipilih teori Antrian guna menganalisa dan menentukan ukuran-ukuran kinerja sistem antrian produksi percetakan dan analisis *trade-off* untuk menentukan jumlah *server* yang optimal sehingga meminimumkan biaya operasional.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan ukuran-ukuran kinerja proses produksi percetakan dengan menerapkan teori Antrian ?
2. Bagaimana menentukan jumlah *server* yang optimal berdasarkan analisa *trade-off* ?

1.3 Batasan Masalah

Dalam Penelitian ini, permasalahan yang diselesaikan dibatasi ruang lingkupnya sehingga hasil yang diharapkan akan dapat diperoleh dengan baik, yaitu :

1. Data yang digunakan adalah data hasil pengamatan langsung yang diambil pada proses antrian tunggal pada proses percetakan di PT. Temprina Media Grafika Gresik.
2. Disiplin antrian yang digunakan adalah tata tertib “masuk pertama – keluar pertama” (*first in first out*).
3. Dalam penelitian ini, analisa hanya dilakukan pada sistem percetakan pada waktu komersil (sebagai penyedia jasa percetakan).
4. Jenis-jenis kertas diabaikan.
5. Simulasi dengan metode *discrete event* dilakukan menggunakan perangkat lunak Matlab dan Minitab 16.

1.4 Tujuan

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan ukuran-ukuran kinerja proses produksi percetakan dengan menerapkan teori Antrian.
2. Menentukan jumlah *server* yang optimal berdasarkan analisa *trade-off*.

1.5 Manfaat

Manfaat yang bisa diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Diperoleh pengetahuan dan keilmuan tentang penerapan teori Antrian.
2. Sebagai bahan pembelajaran dalam menentukan biaya operasional yang optimal pada proses produksi.
3. Sebagai masukan bagi PT. Temprina Media Grafika dalam pengembangan proses produksi.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I, *Pendahuluan*, menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II, *Tinjauan Pustaka*, menjelaskan tentang teori antrian, analisis *trade-off* serta rumus-rumus statistik yang dipergunakan dalam pengerjaan penelitian ini.

BAB III, *Metode Penelitian*, menjelaskan tentang metode dan langkah-langkah dalam proses penyelesaian dari permasalahan yang diangkat sebagai topik bahasan.

BAB IV, *Analisa dan Pembahasan*, menjelaskan tentang analisa dari permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini berserta pembahasan dan simulasinya.

BAB VI, *Kesimpulan*, berisi kesimpulan dari seluruh pengerjaan penelitian.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Antrian

Teori antrian merupakan penerapan dari proses *input-output* suatu stokastik, dimana suatu kejadian yang telah lalu hanya dapat menyajikan struktur peluang dari kejadian yang akan datang untuk waktu kontinu. Proses antrian (*queueing process*) adalah suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan seorang pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, kemudian menunggu dalam suatu baris (antrian) jika semua *server* sibuk, dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut. Sistem antrian adalah himpunan pelanggan, *server*, dan suatu aturan yang mengatur pelayanan pada pelanggan. Sistem antrian merupakan suatu proses yang dimulai dari awal pelanggan menunggu untuk dilayani sampai pelanggan tersebut selesai dilayani dan meninggalkan fasilitas pelayanan. Antrian adalah orang-orang atau barang dalam barisan yang sedang menunggu untuk dilayani[1]. Hal ini terjadi karena orang-orang atau barang yang datang ke dalam sebuah fungsi pelayanan lebih cepat daripada pelayanan itu sendiri.

2.2 Komponen Dasar Antrian

Dalam sistem antrian terdapat komponen-komponen dasar, antara lain[1] :

1. Input dalam sistem antrian adalah pelanggan yang menginginkan pelayanan.
2. Proses pelayanan yaitu kondisi dimana *server* sedang melayani satu pelanggan sedangkan pelanggan yang lain menunggu giliran untuk dilayani.
3. Output yaitu pelanggan yang telah mendapatkan pelayanan akan meninggalkan sistem antrian.
4. Waktu antar kedatangan yaitu selisih waktu antar kedatangan pelanggan satu dengan waktu kedatangan pelanggan berikutnya.

6

5. Tingkat kedatangan yaitu jumlah pelanggan yang datang dan masuk ke dalam sistem antrian per-satuan waktu.
6. Waktu pelayanan yaitu waktu yang digunakan atau diperlukan *server* untuk melayani satu pelanggan.
7. Tingkat pelayanan yaitu kemampuan *server* melayani pelanggan per-satuan waktu.

2.3 Mekanisme Pelayanan

Ada 3 (tiga) aspek yang harus diperhatikan dalam mekanisme pelayanan, yaitu :

1. Tersedianya pelayanan

Mekanisme pelayanan tidak selalu tersedia untuk setiap saat. Misalnya dalam pertunjukan bioskop, loket penjualan karcis masuk hanya dibuka pada waktu tertentu antara satu pertunjukan dengan pertunjukan berikutnya. Sehingga pada saat loket ditutup, mekanisme pelayanan terhenti dan petugas pelayanan (pelayan) istirahat.

2. Kapasitas pelayanan

Kapasitas dari mekanisme pelayanan diukur berdasarkan jumlah langganan yang dapat dilayani secara bersama-sama. Kapasitas pelayanan tidak selalu sama untuk setiap saat; ada yang tetap, tetapi ada juga yang berubah-ubah. Karena itu, fasilitas pelayanan dapat memiliki satu atau lebih saluran. Fasilitas yang mempunyai satu atau lebih saluran disebut saluran ganda atau pelayanan ganda.

3. Lamanya pelayanan

Lamanya pelayanan adalah waktu yang dibutuhkan untuk melayani seorang pelanggan atau satu-satuan. Ini harus dinyatakan secara pasti. Oleh karena itu, waktu pelayanan boleh tetap dari waktu ke waktu untuk semua pelanggan atau boleh juga variabel acak. Umumnya untuk keperluan analisis, waktu pelayanan dianggap sebagai variabel acak yang terpecah secara bebas dan sama serta tidak tergantung pada waktu kedatangan[2].

2.4 Jenis Sistem Antrian

Sistem antrian dikelompokkan menjadi beberapa macam yaitu berdasarkan jumlah pelayanan (apakah menggunakan satu *server* atau lebih dari satu *server*), dan juga berdasarkan jasa pelayanan yang diberikan (apakah menerapkan pelayanan dengan satu *phase* atau lebih dari satu *phase*). Sistem antrian dikelompokkan menjadi 4 jenis antrian yaitu:

1. *Single channel-single phase* yaitu satu jalur antrian memasuki satu fasilitas pelayanan.



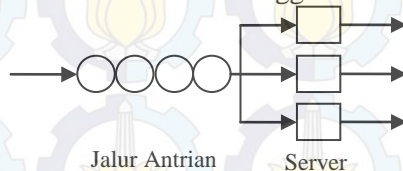
Gambar 2.1. *Single channel-single phase*

2. *Single channel-multi phase* yaitu satu jalur antrian memasuki pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan.



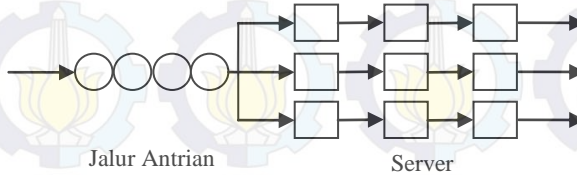
Gambar 2.2. *Single channel-multi phase*

3. *Multi channel-single phase* yaitu dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal.



Gambar 2.3. *Multi channel-single phase*

4. *Multi channel-multi phase* yaitu setiap sistem-sistem ini mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahapnya.



Gambar 2.4. *Multi channel-multi phase*

2.5 Disiplin Antrian

Disiplin antrian adalah cara *server* memilih pelayanan untuk dilayani. Beberapa jenis disiplin antrian adalah sebagai berikut[1]:

1. *FCFS/FIFO (Fisrt Come First Serve / First In First Out)* : berarti pelanggan yang datang terlebih dahulu akan dilayani terlebih dahulu.
2. *LIFO (Latest In Fisrt Out)* : berarti pelanggan yang datang terakhir, akan dilayani terlebih dahulu.
3. *Service In Random Order (SIRO)* : berarti semua pelanggan mempunyai kesempatan yang sama untuk dilayani terlebih dulu, tidak peduli siapa yang datang terlebih dahulu.
4. *Priority Service (PS)* : berarti pelanggan yang mempunyai prioritas paling tinggi, akan dilayani terlebih dulu.

Priority service adalah pelanggan yang memiliki prioritas lemah, akan kembali keantrian jika pelanggan dengan prioritas tinggi datang. Setelah pelayanan terhadap yang mempunyai prioritas tinggi selesai, maka pelanggan yang masuk selanjutnya adalah pelanggan yang pertama kali masuk dalam antrian. Seorang pelayan menerapkan aturan *FCFS* pada antrian jika pelanggan yang datang memiliki tingkat prioritas sama.

2.6 Notasi Kendall

Notasi Kendall ditemukan oleh ahli statistik Inggris David G. Kendall. Notasi Kendall digunakan untuk mengkategorikan dan mendeskripsikan proses-proses stokastik dan parameter-parameter yang terdapat pada sistem antrian dalam suatu istilah matematika yang singkat. Notasi yang dikenal sebagai notasi Kendall adalah sebagai berikut[3]:

$$(a/b/c) : (d/e/f)$$

dengan:

- a** : distribusi tingkat kedatangan pelanggan,
- b** : distribusi waktu pelayanan,
- c** : jumlah pelayan dalam sistem,
- d** : disiplin antrian,
- e** : kapasitas sistem,
- f** : ukuran sumber pemanggilan.

Terkadang notasi Kendall dituliskan hanya dalam tiga parameter pertama, misalnya M/M/1, umumnya nilai yang digunakan untuk tiga parameter terakhir jika tidak dituliskan adalah untuk disiplin antrian (**d**) menggunakan *First Come First Serve* (FCFS) atau *First In First Out* (FIFO), kapasitas sistem (**e**) tak hingga (∞), dan ukuran sumber panggilan (**f**) tak hingga (∞). Contoh notasi yang digunakan dalam antrian (M/M/2);(FIFO/ ∞ / ∞), notasi tersebut bermakna bahwa tingkat kedatangan pelanggan berdistribusi poisson, waktu pelayanan berdistribusi eksponensial, terdapat dua *server*, disiplin antrian yang digunakan adalah *FIFO*, tidak ada jumlah maksimal pelanggan, dan besar populasi masukan tidak terbatas. Beberapa notasi standar dari karakteristik-karakteristik ini dapat dituliskan dalam beberapa notasi yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

2.7 Notasi Dalam Antrian

Notasi yang sering digunakan dalam antrian adalah sebagai berikut :

n : Jumlah pelanggan

s : Jumlah *server*

Tabel 2.1 Notasi Yang Sering Digunakan Dalam Antrian

Karakteristik	Simbol	Keterangan
Waktu Kedatangan (a)	M (<i>Markovian</i>)	Berdistribusi poisson
	D (<i>Deterministik</i>)	Konstan
	E_m	Berdistribusi Erlang
	GI	Berdistribusi <i>General Independent</i>
Waktu Pelayanan (b)	M	Berdistribusi poisson
	D (<i>Deterministik</i>)	Konstan
	E_m	Berdistribusi Erlang
	G	Berdistribusi <i>General</i>
Jumlah Pelayan atau <i>server</i> (c)		$1, 2, 3, \dots, \infty$
Disiplin Antrian (d)	FIFO	<i>First In First Out</i>
	LIFO	<i>Last In Last Out</i>
	SIRO	<i>Service In Random Order</i>
	GD	<i>General Dicipline</i>
Kapasitas Sistem (e)		$1, 2, 3, \dots, \infty$
Ukuran Sumber Pemanggilan (f)		$1, 2, 3, \dots, \infty$

λ : Tingkat kedatangan pelanggan per satuan waktu

μ : Tingkat pelayanan *server* per satuan waktu

ρ : Tingkat kesibukan sistem (utilitas sistem)

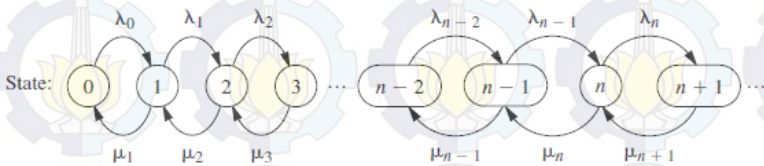
P_0 : Probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem

P_n : Probabilitas terdapat n pelanggan dalam sistem

- L : Ekspektasi banyak pelanggan dalam sistem
 L_q : Ekspektasi banyak pelanggan dalam antrian
 W_q : Ekspektasi waktu tunggu pelanggan dalam antrian
 W : Ekspektasi waktu tunggu pelanggan dalam sistem

2.8 Sistem Antrian

Pengelompokan model-model antrian yang berbeda-beda digunakan suatu notasi yang disebut *Kendall's Notation*. Notasi ini sering digunakan karena beberapa alasan, salah satunya adalah karena notasi tersebut merupakan alat yang efisien untuk mengidentifikasi, tidak hanya model antrian tetapi juga asumsi-asumsi dan rumus-rumus yang harus dipenuhi. Di dalam sistem antrian terdapat kondisi *steady state*, yaitu keadaan sistem yang tidak bergantung pada keadaan awal maupun waktu yang telah dilalui, sehingga laju kedatangan masuk sama dengan laju kedatangan keluar (*rate in = rate out*) yang ditunjukkan oleh Gambar 2.1.



Gambar 2.5. *Figure Rate In Rate Out*

Berdasarkan Gambar 2.5, tingkat *unit* yang masuk ke dalam sistem pada *state* 0 adalah μ_1 , sedangkan tingkat *unit* yang keluar adalah λ_0 , sehingga ekspektasi tingkat *unit* yang masuk ke dalam sistem adalah $\mu_1 P_1$ dan tingkat *unit* yang keluar adalah $\lambda_0 P_0$. Begitu juga untuk *state* yang lain. Sehingga diperoleh persamaan kesetimbangan yaitu[4]:

<i>State</i>	<i>Rate In = Rate Out</i>
0 :	$P_1 = \frac{\lambda_0}{\mu_1} P_0$

12

$$1 : \quad P_2 = \frac{\lambda_1}{\mu_2} P_0 + \frac{1}{\mu_2} (\mu_1 P_1 - \lambda_0 P_0)$$

$$P_2 = \frac{\lambda_1}{\mu_2} P_1$$

$$P_2 = \frac{\lambda_1 \lambda_0}{\mu_2 \mu_1} P_0$$

$$2 : \quad P_3 = \frac{\lambda_2}{\mu_3} P_0 + \frac{1}{\mu_3} (\mu_2 P_2 - \lambda_1 P_1)$$

$$P_3 = \frac{\lambda_2}{\mu_3} P_2$$

$$P_3 = \frac{\lambda_2 \lambda_1 \lambda_0}{\mu_3 \mu_2 \mu_1} P_0$$

⋮

⋮

$$n-1 : \quad P_n = \frac{\lambda_{n-1}}{\mu_n} P_{n-1} + \frac{1}{\mu_n} (\mu_{n-1} P_{n-1} - \lambda_{n-2} P_{n-2})$$

$$P_n = \frac{\lambda_{n-1}}{\mu_n} P_{n-1}$$

$$P_n = \frac{\lambda_{n-1} \lambda_{n-2} \dots \lambda_0}{\mu_n \mu_{n-1} \dots \mu_1} P_0$$

$$n : \quad P_{n+1} = \frac{\lambda_n}{\mu_{n+1}} P_n + \frac{1}{\mu_{n+1}} (\mu_n P_n - \lambda_{n-1} P_{n-1})$$

$$P_{n+1} = \frac{\lambda_n}{\mu_{n+1}} P_n$$

$$P_{n+1} = \frac{\lambda_n \lambda_{n-1} \dots \lambda_0}{\mu_{n+1} \mu_n \dots \mu_1} P_0$$

dengan:

P_n : Probabilitas n-unit

Sehingga persamaan kesetimbangan diatas dapat disederhanakan menjadi[4]:

$$C_n = \frac{\lambda_{n-1} \lambda_{n-2} \dots \lambda_0}{\mu_n \mu_{n-1} \dots \mu_1}, \quad n = 1, 2, \dots$$

maka dapat didefinisikan bahwa $C_n = 1$, untuk semua n . Sehingga probabilitas terdapat n pelanggan dalam sistem adalah[4]:

$$P_n = C_n P_0, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1$$

$$\left(\sum_{n=0}^{\infty} C_n \right) P_0 = 1$$

Sehingga probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem adalah[4]:

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{\infty} C_n \right)^{-1}$$

Suatu sistem dikatakan efektif jika probabilitas *steady state* sudah ditentukan. Ukuran-ukuran keefektifan suatu sistem adalah nilai harapan banyaknya pelanggan dalam sistem (L), nilai harapan banyaknya pelanggan dalam antrian (L_q), nilai harapan waktu tunggu dalam antrian (W_q), nilai harapan waktu tunggu dalam sistem (W). Jumlah pelanggan dalam sistem adalah jumlah pelanggan dalam antrian ditambah jumlah pelanggan yang sedang mendapat pelayanan. Tingkat kedatangan efektif merupakan tingkat kedatangan rata-rata dalam waktu yang panjang. λ_n merupakan tingkat kedatangan jika ada n pelanggan dalam sistem, jika tingkat kedatangan konstan untuk semua n , maka cukup ditulis dengan λ . Sedangkan tingkat pelayanan rata-rata untuk seluruh *server* dalam sistem antrian adalah tingkat pelayanan rata-rata dimana pelanggan yang sudah mendapat pelayanan meninggalkan sistem antrian. Tingkat pelayanan rata-rata untuk seluruh *server* (s) dinyatakan dengan $s\mu$. Sehingga tingkat kesibukan *server* dapat dihitung dengan $\rho = \frac{\lambda}{s\mu} < 1$, Hubungan antara L, L_q, W_q, W dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan **Little Law**, yaitu[4]:

$$L = \sum_{n=0}^{\infty} n P_n, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$L_q = \sum_{n=1}^{\infty} (n - s) P_n, \quad n = 1, 2, \dots \text{ dan } s \geq 1$$

$$W_q = \frac{L_q}{\bar{\lambda}}$$

$$W = \frac{L}{\bar{\lambda}}$$

2.9 Model-Model Antrian

Pengelompokan model-model antrian yang berbeda-beda digunakan suatu notasi yang disebut *Kendall's Notation*. Notasi ini sering digunakan karena beberapa alasan, salah satunya adalah karena notasi tersebut merupakan alat yang efisien untuk mengidentifikasi, tidak hanya model antrian tetapi juga asumsi-asumsi dan rumus-rumus yang harus dipenuhi. Berikut ini merupakan asumsi-asumsi dan jenis model antrian beserta rumus-rumusny[3].

2.9.1 Model Antrian M/M/1/I/I

Model ini merupakan model antrian yang paling sederhana, tetapi mengandung asumsi-asumsi yang harus dipenuhi. Tanda pertama (M) pada notasi menunjukkan distribusi tingkat kedatangan mengikuti suatu proses distribusi poisson. Tanda kedua (M) menunjukkan distribusi waktu pelayanan mengikuti proses distribusi eksponensial, tanda ketiga (1) menunjukkan jumlah *server* di dalam sistem yaitu satu *server*, tanda ke empat (I) menunjukkan banyaknya input yaitu *infinite* atau tidak terbatas, tanda kelima (I) menunjukkan panjang antrian yaitu panjang antrian *infinite* atau tidak terbatas.

Dalam model sistem antrian ini, tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan adalah konstan, sehingga kondisi *steady state* dengan $s=1$ yaitu ketika $\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$. Persamaan kesetimbangan (*rate in = rate out*) untuk model antrian M/M/1/I/I adalah[4]:

$$C_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$C_n = \rho^n$$

Probabilitas terdapat n pelanggan dalam sistem (P_n) adalah:

$$P_n = C_n P_0, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$P_n = \rho^n P_0$$

Probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem (P_0) adalah :

$$\begin{aligned} P_0 &= \left(\sum_{n=0}^{\infty} \rho^n \right)^{-1} \\ &= \left(\frac{1}{1-\rho} \right)^{-1} \\ &= 1 - \rho \end{aligned}$$

Sehingga,

$$P_n = (1 - \rho) \rho^n, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Dengan menggunakan persamaan **Little Law** nilai L , L_q , W_q , W dapat ditentukan, yaitu sebagai berikut[4]:

Ekspektasi panjang antrian dalam sistem (L) merupakan hasil dari jumlah n pelanggan dikalikan probabilitas terdapat n pelanggan (P_n), yang dapat dituliskan dengan persamaan berikut[4]:

$$L = \sum_{n=0}^{\infty} n P_n, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$\begin{aligned} &= \sum_{n=0}^{\infty} n (1 - \rho) \rho^n \\ &= (1 - \rho) \rho \sum_{n=0}^{\infty} \frac{d}{d\rho} (\rho^n) \\ &= (1 - \rho) \rho \frac{d}{d\rho} \sum_{n=0}^{\infty} \rho^n \\ &= (1 - \rho) \rho \frac{d}{d\rho} \left(\frac{1}{1-\rho} \right) \\ &= ((1 - \rho) \rho) \frac{1}{(1-\rho)^2} \\ &= \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \end{aligned}$$

Ekspektasi banyak pelanggan dalam antrian (L_q) merupakan selisih antara ekspektasi banyak pelanggan dalam sistem dan

probabilitas terdapat n pelanggan (P_n), yang dapat dituliskan dengan persamaan berikut[4]:

$$\begin{aligned}
 L_q &= \sum_{n=1}^{\infty} (n-1) P_n \\
 &= \sum_{n=1}^{\infty} n P_n - \sum_{n=1}^{\infty} P_n \\
 &= L - (1 - P_0) \\
 &= \frac{\rho}{1-\rho} - \rho \\
 &= \frac{\rho^2}{1-\rho} \\
 &= \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}
 \end{aligned}$$

Ekspektasi waktu tunggu pelanggan dalam sistem (W) merupakan hasil bagi antara ekspektasi banyak pelanggan dalam sistem dengan tingkat kedatangan pelanggan, yang dapat ditulis dengan persamaan[4]:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{L}{\lambda} \\
 &= \frac{\rho}{\lambda(1-\rho)} \\
 &= \frac{1}{\mu-\lambda}
 \end{aligned}$$

Ekspektasi waktu tunggu pelanggan dalam antrian (W_q) merupakan hasil bagi antara ekspektasi banyak pelanggan dalam antrian dengan tingkat kedatangan pelanggan atau selisih antara ekspektasi waktu tunggu pelanggan dalam sistem dengan ekspektasi waktu pelayanan, yang dapat ditulis dengan persamaan[4]:

$$\begin{aligned}
 W_q &= \frac{L_q}{\lambda} \text{ atau } W - \frac{1}{\mu} \\
 &= \frac{1}{\mu-\lambda} - \frac{1}{\mu} \\
 &= \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)}
 \end{aligned}$$

2.9.2 Model M/M/s/I

Model antrian M/M/s ini hampir sama dengan model antrian M/M/1, namun perbedaannya terletak pada jumlah *server* yang digunakan dalam suatu sistem. Dalam model sistem antrian M/M/s/I, tingkat kedatangan (λ) dan tingkat pelayanan (μ) adalah konstan, sehingga kondisi *steady state* dengan *server* lebih dari satu ($s > 1$), yaitu ketika $\rho = \frac{\lambda}{s\mu} < 1$. Persamaan kesetimbangan (*rate in* = *rate out*) untuk model antrian M/M/s/I adalah[4]:

$$C_n = \begin{cases} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!}, & n = 1, 2, \dots, s \\ \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s!} \left(\frac{\lambda}{s\mu}\right)^{n-s} = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{s!s^{n-s}}, & n = s, s+1, \dots \end{cases}$$

Probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem (P_0) adalah[4]:

$$\begin{aligned} P_0 &= \left(1 + \sum_{n=1}^{s-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s! \left(1 - \frac{\lambda}{s\mu}\right)} \sum_{n=s}^{s-1} \left(\frac{\lambda}{s\mu}\right)^{n-s} \right)^{-1} \\ &= \left(\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s! \left(1 - \frac{\lambda}{s\mu}\right)} \right)^{-1} \end{aligned}$$

Sedangkan probabilitas terdapat n pelanggan (P_n) adalah[4]:

$$P_n = \begin{cases} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} P_0, & \text{jika } 0 \leq n < s \\ \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{s!s^{n-s}} P_0, & \text{jika } n \geq s \end{cases}$$

Dengan menggunakan persamaan **Little Law** nilai L, L_q, W_q, W dapat ditentukan, yaitu sebagai berikut[4]:

Ekspektasi banyak pelanggan dalam antrian (L_q) merupakan hasil jumlah dari n pelanggan dikurangi jumlah *server* ($n - s$) dikalikan probabilitas terdapat n pelanggan (P_n) dengan $s > 1$, yang dapat dituliskan dengan[4]:

$$\begin{aligned}
 L_q &= \sum_{n=s}^{\infty} (n - s) P_n \\
 &= \sum_{j=0}^{\infty} j P_{s+j} \\
 &= \sum_{j=0}^{\infty} j \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s!} \rho^j P_0 \\
 &= P_0 \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s!} \rho \sum_{j=0}^{\infty} \frac{d}{dp} (\rho^j) \\
 &= P_0 \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s!} \rho \frac{d}{dp} \left(\sum_{j=0}^{\infty} \rho^j \right) \\
 &= P_0 \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s!} \rho \frac{d}{dp} \left(\frac{1}{1-\rho} \right) \\
 &= \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \rho}{s!(1-\rho)^2}
 \end{aligned}$$

Ekspektasi waktu tunggu pelanggan dalam antrian (W_q) merupakan hasil bagi antara ekspektasi banyak pelanggan dalam antrian dengan tingkat kedatangan pelanggan, dengan *server* lebih dari satu ($s > 1$), yang dapat ditulis dengan[4]:

$$\begin{aligned}
 W_q &= \frac{L_q}{\lambda} \\
 &= \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \rho}{\lambda s!(1-\rho)^2}
 \end{aligned}$$

Ekspektasi waktu tunggu pelanggan dalam sistem (W) merupakan hasil jumlah dari ekspektasi waktu tunggu dalam antrian (W_q) dan ekspektasi waktu pelayanan ($\frac{1}{\mu}$), dengan *server* lebih dari satu ($s > 1$), yang dapat ditulis dengan[4]:

$$W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

$$= \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \rho}{\lambda s! (1-\rho)^2} + \frac{1}{\mu}$$

Sedangkan, ekspektasi banyak pelanggan dalam sistem (L) merupakan hasil perkalian antara tingkat kedatangan pelanggan (λ) dan ekspektasi waktu tunggu dalam sistem (W), yang dapat ditulis dengan[4]:

$$L = \lambda W$$

$$= \lambda \left(W_q + \frac{1}{\mu} \right)$$

$$= L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

2.9.3 Model Antrian M/G/1

Pada model antrian ini, tanda pertama (M) pada notasi menunjukkan distribusi tingkat kedatangan mengikuti suatu proses distribusi poisson. Tanda kedua (G) menunjukkan distribusi waktu pelayanan berdistribusi *General* (umum), artinya waktu pelayanan tidak diketahui secara pasti distribusinya, sehingga tidak ada batasan distribusi yang dikenakan pada waktu pelayanannya. Tanda ketiga (1) menunjukkan jumlah *server* di dalam sistem yaitu satu *server*. Setiap sistem antrian akan mencapai kondisi *steady-state* jika[4]:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$$

Sedangkan persamaan untuk P_0, L_q, L, W_q, W yaitu sebagai berikut:

Probabilitas tidak ada pasien[4]:

$$P_0 = 1 - \rho$$

Ekspektasi banyak pelanggan dalam antrian (L_q) adalah[4]

$$L_q = \frac{\lambda^2 \sigma^2 + \rho^2}{2(1-\rho)}$$

Ekspektasi banyak pelanggan dalam sistem (L) adalah[4]:

$$L = \rho + L_q$$

Ekspektasi waktu tunggu dalam antrian (W_q) adalah[4]:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

Ekspektasi waktu tunggu dalam sistem (W) adalah[4]:

$$W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

2.9.4 Model Antrian (GI/G/s);(FIFO/I/I)

Model antrian (GI/G/s);(FIFO/I/I) adalah model antrian dengan pola kedatangan berdistribusi umum (*General*), pola pelayanan berdistribusi umum (*General*), dengan jumlah fasilitas pelayanan sebanyak s . Disiplin antrian yang digunakan pada model ini adalah umum yaitu FCFS (*First Come First Service*), kapasitas maksimum yang diperbolehkan dalam sistem adalah tak hingga, dan memiliki sumber pemanggilan tak hingga[5].

Ukuran-ukuran kinerja sistem pada model *General* ini mengikuti ukuran kinerja pada model (M/M/s);(FIFO/I/I), terkecuali untuk perhitungan jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrian (L_q). Rumus untuk mencari ukuran-ukuran kinerja pada model (GI/G/s);(FIFO/I/I) adalah sebagai berikut:

Tingkat kesibukan sistem (ρ)[6]:

$$\rho = \frac{\lambda}{s\mu} \quad (2.1)$$

Probabilitas nol unit dalam sistem (P_0)[6]

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s!(1-\rho)} \right)^{-1} \quad (2.2)$$

Ekspektasi banyak *unit* dalam antrian (L_q) adalah[6]:

$$L_q = \left(\frac{\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s \rho}{s!(1-\rho)^2} \right) P_0 \left(\frac{\mu^2 + v(t) + v(t')\lambda^2}{2} \right) \quad (2.3)$$

Ekspektasi banyak *unit* dalam sistem antrian (L) adalah[6]:

$$L = \frac{\lambda}{\mu} + L_q \quad (2.4)$$

Ekspektasi waktu tunggu dalam antrian (W_q) adalah[6]:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (2.5)$$

Ekspektasi waktu tunggu dalam sistem (W) adalah[6]:

$$W = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (2.6)$$

dengan :

$v(t)$: varians dari data waktu pelayanan

$v(t')$: varians dari data waktu antar kedatangan

2.10 Analisa *Trade-Off*

Model biaya ini adalah berusaha mengoptimalkan antara biaya menunggu konsumen (*unit*) dengan biaya penambahan tingkat pelayanan yang saling bertentangan guna mencegah terjadinya antrian yang panjang dan guna memperoleh keuntungan yang maksimum. Pada Gambar 2.6 [7], titik perpotongan antara grafik biaya pelayan (*service cost*) dan grafik biaya menunggu (*waiting cost*) adalah biaya optimal.

Untuk menghitung analisa *trade-off* adalah sebagai berikut:

1. Menghitung biaya karena adanya waktu tunggu untuk pelayanan atau pemrosesan[7]:

$$E(c_2) = \bar{n}t \cdot c_2 \quad (2.7)$$

2. Biaya pelayan per periode waktu[7]:

$$E(c_1) = s \cdot c_1 \quad (2.8)$$

3. Biaya total[7]:

$$TC = s \cdot c_1 + \bar{n}t \cdot c_2 \quad (2.9)$$

dengan:

$E(c_1)$: ekspektasi biaya pelayanan

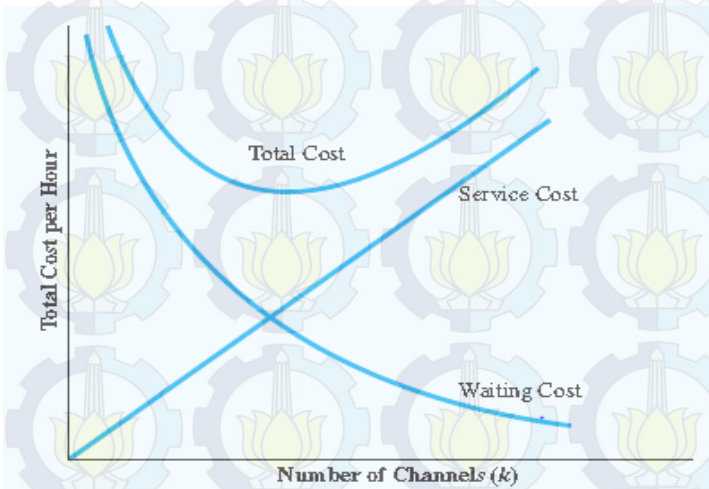
$E(c_2)$: ekspektasi biaya menunggu

TC : total cost

c_1 : biaya pelayanan

$\frac{c_2}{nt}$: biaya menunggu

nt : faktor menunggu



Gambar 2.6. Grafik *Trade-off*

2.11 Analisa Data Statistik

Dari sekelompok data, dihitung mean dan varians dari data tersebut. Nilai mean atau rata-rata adalah representasi dari tendensi pusat dari data, sementara varians adalah ukuran penyebaran atau varians acak di sekitar nilai rata-rata. Pada intinya, nilai rata-rata adalah yang digunakan sebagai representasi dari data jika memutuskan untuk mendekatinya dengan sebuah nilai konstan atau deterministik. Dengan kata lain varians adalah ukuran ketidakpastian, dalam arti bahwa semakin tinggi varians, semakin cenderung dipandang bahwa variabel yang bersangkutan

sebagai variabel yang memiliki sifat probabilistik, dimana data dapat diasumsikan untuk diketahui secara pasti dibandingkan deterministik, dimana data memperlihatkan varians acak[8].

Rumus untuk menghitung mean dan varians data berdasarkan observasi, jika $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, \dots x_n$ merupakan data dari n-kali observasi maka mean dan varians dari data tersebut adalah :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} ; n \neq 0 \quad (2.10)$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} ; n-1 \neq 0 \quad (2.11)$$

$$S = \sqrt{S^2} \quad (2.12)$$

dengan :

\bar{x} : mean atau rata-rata dari data

S^2 : varians data

S : standart deviasi

2.12 Pemilihan Distribusi Probabilitas

Data atau *input* digunakan untuk menentukan distribusi *input* simulasi. Ada 2 (dua) macam pendekatan yaitu pendekatan distribusi empiris dan pendekatan distribusi probabilitas teoritis.

Distribusi empiris dipergunakan jika nilai dari data secara langsung dipergunakan untuk mencari empiris, biasanya dinyatakan dalam kumulatif probabilitas. Distribusi teoritis digunakan jika teknik-teknik standar dari statistik digunakan untuk mencocokkan data dengan distribusi teoritis yang telah ada. Jika kecocokan dinilai cukup baik maka distribusi tersebut dipergunakan untuk membangkitkan variabel acak tertentu yang digunakan selama simulasi.

2.12.1 Pendugaan Distribusi Data

Pendugaan distribusi data digunakan untuk menentukan parameter, parameter tersebut akan digunakan untuk membangkitkan bilangan random. Pendugaan distribusi tahap

awal dengan menentukan koefisien varians (cv) [9], adapun rumus dari koefisien varians sebagai berikut :

$$cv = \frac{\sqrt{S^2}}{\bar{x}} ; \bar{x} \neq 0 \quad (2.13)$$

dengan :

$cv \approx 1$, data berdistribusi eksponensial.

$cv > 1$, data berdistribusi gamma / weibull dengan parameter $\alpha < 1$.

$cv < 1$, data berdistribusi gamma / weibull dengan parameter $\alpha > 1$.

2.12.2 Distribusi Eksponensial dan Distribusi Poisson

Distribusi yang sering digunakan dalam teori antrian adalah distribusi eksponensial dan distribusi poisson. Penjelasan mengenai distribusi eksponensial dan distribusi poisson adalah sebagai berikut:

Sebuah variabel random X dikatakan berdistribusi eksponensial dengan parameter $\mu > 0$ jika memiliki pdf dalam bentuk[10]:

$$f(x; \mu) = \begin{cases} \frac{1}{\mu} e^{-\frac{x}{\mu}} & ; \text{untuk } x > 0 \\ 0 & ; \text{untuk } x \leq 0 \end{cases}$$

dan CDF dalam bentuk[10]:

$$F(x; \mu) = \begin{cases} 1 - e^{-\frac{x}{\mu}} & ; \text{untuk } x > 0 \\ 0 & ; \text{untuk } x \leq 0 \end{cases}$$

dan μ disebut sebagai parameter skala

Sebuah variabel random X dikatakan berdistribusi poisson dengan parameter $\lambda > 0$ jika memiliki pdf diskrit dalam bentuk[10]:

$$f(x; \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} ; x = 0, 1, 2, \dots$$

Notasi untuk suatu variabel acak berdistribusi poisson dinotasikan sebagai $X \sim POI(\lambda)$. CDF untuk $X \sim POI(\lambda)$ dinotasikan sebagai [10]:

$$F(x; \lambda) = \sum_{k=0}^x f(x; \lambda).$$

dengan $x = 0, 1, 2, \dots, \infty$ diperoleh CDF distribusi poisson sebagai berikut [10]:

$$\begin{aligned} F(x; \lambda) &= \sum_{k=0}^x f(x; \lambda) \\ &= \sum_{x=0}^{\infty} \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \\ &= e^{-\lambda} \sum_{x=0}^{\infty} \frac{\lambda^x}{x!} \\ &= e^{-\lambda} \left(\frac{\lambda^0}{0!} + \frac{\lambda^1}{1!} + \frac{\lambda^2}{2!} + \frac{\lambda^3}{3!} + \dots \right) \\ &= e^{-\lambda} e^{\lambda} \\ &= 1 \end{aligned}$$

2.12.3 Distribusi Gamma dan Distribusi Weibull

Perubahan acak x berdistribusi gamma dengan parameter α dan β , bila fungsi padatnya berbentuk :

$$f(x) = \begin{cases} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} & ; \text{untuk } x > 0 \\ \beta^{\alpha} \Gamma(a) & ; \text{untuk } x \leq 0 \end{cases}$$

Bila $a > 0$ dan $\beta > 0$, maka :

$$\Gamma(a) = \int_0^{\infty} x^{a-1} e^{-x} dx ; \text{untuk } a > 0$$

Dengan menggunakan konsep integral tidak wajar diperoleh :

$$\begin{aligned}
 \Gamma(a+1) &= \lim_{t \rightarrow \infty} \left(- \int_0^t x^a d(e^{-x}) \right) \\
 &= \lim_{t \rightarrow \infty} \left(- \left(x^a e^{-x} \right) \Big|_0^t + \int_0^t a x^{a-1} e^{-x} dx \right) \\
 &= \lim_{t \rightarrow \infty} \left(0 - t^a e^{-t} + a \int_0^t x^{a-1} e^{-x} dx \right) \\
 &= a \int_0^\infty x^{a-1} e^{-x} dx \\
 &= a \Gamma(a) \text{ atau } \Gamma(a) = \frac{\Gamma(a+1)}{a}
 \end{aligned}$$

Untuk α , bilangan bulat positif, maka :

$$\begin{aligned}
 \Gamma(1) &= \lim_{t \rightarrow \infty} \left(\int_0^t x^0 e^{-x} dx \right) \\
 &= \lim_{t \rightarrow \infty} \left(\int_0^t e^{-x} dx \right) \\
 &= \lim_{t \rightarrow \infty} \left(-e^{-x} \Big|_0^t \right) \\
 &= \lim_{t \rightarrow \infty} (e^0 - e^{-t}) \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Sehingga untuk bilangan bulat $a > 0$ diperoleh :

$$\Gamma(2) = 1 \Gamma(1) = 1$$

$$\Gamma(3) = 2 \Gamma(2) = 2.1 = 2!$$

$$\Gamma(4) = 3 \Gamma(3) = 3.2.1 = 3!$$

⋮

$$\Gamma(a) = (a-1)!$$

$$\Gamma(a+1) = a!$$

Mean untuk distribusi gamma dapat dicari dengan cara :

$$\begin{aligned}
 \mu &= E(X) \\
 &= \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx \\
 &= \int_{-\infty}^0 xf(x)dx + \int_0^{\infty} xf(x)dx \\
 &= 0 + \int_0^{\infty} xf(x)dx \\
 &= \frac{1}{\beta^a \Gamma(a)} \int_0^{\infty} x^a e^{-x/\beta} dx \\
 &= \frac{\beta^{a+1} \Gamma(a+1)}{\beta^a \Gamma(a)} \int_0^{\infty} \frac{1}{\beta^{a+1} \Gamma(a+1)} x^a e^{-x/\beta} dx \\
 &= \frac{\beta^{a+1} \Gamma(a+1)}{\beta^a \Gamma(a)} \\
 &= \frac{\beta \Gamma(a+1)}{\Gamma(a)} \\
 &= a\beta
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka varians untuk distribusi gamma adalah :

$$\begin{aligned}
 E(x^2) &= \frac{\beta^2 \Gamma(a+2)}{\Gamma(a)} \\
 &= (a+1)a\beta^2
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 \sigma^2 &= E(x^2) - \mu^2 \\
 &= (a+1)a\beta^2 - a^2\beta^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Varians} &= \sigma^2 \\
 &= a\beta^2
 \end{aligned}$$

Kemudian untuk distribusi weibull sebagai berikut :

$$f(x) = \begin{cases} a\beta^{-a} x^{a-1} e^{(-x/\beta)^a} & ; \text{untuk } x > 0 \\ 0 & ; \text{untuk } x \leq 0 \end{cases}$$

Bila $a > 0$ dan $\beta > 0$, maka dengan cara yang sama seperti pada distribusi gamma dapat digunakan untuk mendapat mean dan varians pada distribusi weibull.

Untuk distribusi weibull didapat :

$$\text{Mean} = \mu = \beta \Gamma(1 + 1/a)$$

$$\text{Varians} = \sigma^2 = \beta^2 \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{2}{a}\right) - [\Gamma\left(1 + \frac{1}{a}\right)]^2 \right\}$$

2.12.4 Uji Hipotesa Distribusi Probabilitas

Pengujian ini dirancang untuk menguji apakah sebuah kumpulan data dapat dipandang sebagai sebuah sampel dari suatu distribusi probabilitas tertentu. Untuk menguji kesesuaian distribusi data sampel dengan distribusi yang dihipotesiskan digunakan uji Kolmogorov-Smirnov (KS) terhadap data yang telah dilakukan pendugaan distribusi sebelumnya. Pengujian ini membandingkan fungsi kumulatif distribusi empiris $S(x)$ dengan fungsi distribusi kumulatif distribusi teoritis tertentu $F(x)$. Adapun langkah-langkah dari uji Kolmogorov-Smirnov adalah sebagai berikut :

1. Data diurutkan mulai data terkecil sampai yang terbesar.
2. Data dihitung dengan perhitungan sebagai berikut :

$$KS^+ = \max_{1 \leq i \leq n} \{S(x_i) - F(x_i)\} \quad (2.14)$$

$$KS^- = \max_{1 \leq i \leq n} \{F(x_i) - S(x_{i-1})\} \quad (2.15)$$

$$KS_{test} = \max\{KS^+, KS^-\} \quad (2.16)$$

Dimana :

$F(x_i)$ adalah fungsi distribusi komulatif dari data x_i . Semakin besar KS_{test} menunjukkan ketidaksesuaian terhadap nilai yang diberikan dalam KS_{tabel} .

3. Pengujian hipotesa dilakukan dengan menetapkan himpunan awal dan himpunan alternatif sebagai berikut :

$H_0 : F(x)$ berdistribusi sesuai dugaan

$H_1 : F(x)$ tidak berdistribusi sesuai dugaan

Dengan ketentuan bahwa himpunan awal (H_0), diterima bila :

$KS_{test} \leq KS_{tabel}$ dan ditolak bila sebaliknya.

dengan:

$S(x)$: Distribusi kumulatif empiris.

$F(x)$: Distribusi kumulatif teoritis.

2.13 Simulasi Sistem *Discrete Event*

Simulasi *discrete event* menitik-beratkan pada pemodelan sebuah sistem diskrit yang mencakup atas suatu waktu dengan sebuah representasi dimana variabel status berubah secara tiba-tiba pada waktu yang terpisah [11].

Sebagai contoh kasus diambil sebuah fasilitas pelayanan tunggal, misalnya sebuah bank akan diduga rata-rata waktu tunggu dalam antrian kedatangan nasabah, dimana waktu tunggu dalam antrian dari seorang nasabah adalah panjang interval waktu dari saat kedatangannya di fasilitas sampai pada saat nasabah tersebut mulai dilayani.

Dalam contoh di atas, pendugaan rata-rata waktu tunggu seorang nasabah adalah sebagai obyek. Variabel status untuk sebuah model simulasi kejadian diskrit dari suatu fasilitas pelayanan adalah berupa status pelayanan (yaitu *idle* atau *busy*), jumlah nasabah yang sedang menunggu dalam antrian untuk dilayani dan waktu kedatangan setiap nasabah.

Suatu fasilitas pelayanan diperlukan untuk menyatakan apabila terdapat seorang nasabah yang datang, apakah nasabah dapat langsung dilayani atau harus menunggu di antrian. Waktu kedatangan seorang nasabah diperlukan untuk menghitung waktu tunggu dalam antrian, yang berupa waktu nasabah mulai dilayani dikurangi dengan waktu kedatangan nasabah.

Variabel dalam sebuah model simulasi yang memberikan nilai waktu simulasi pada saat berlangsung disebut dengan *Simulation Clock* atau Klok Simulasi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui pengamatan langsung di PT. TEMPRINA MEDIA GRAFIKA GRESIK. Jumlah data yang didapatkan sebanyak 160 data. Pengamatan dilakukan selama dua minggu dimulai pada tanggal 9 Maret 2015-20 Maret 2015, dalam satu hari dilakukan dua kali pengamatan yaitu pada jam 8.00-12.00 dan 13.00-15.00 terkecuali pada hari sabtu dikarenakan produksi hanya berlangsung pada jam 7.00-12.00. Pengamatan ini dilakukan berdasarkan hasil wawancara dengan Manager HRD, Ka PPIC dan hasil pengamatan sebelumnya.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tingkat Kedatangan, yaitu jumlah gulungan kertas yang masuk ke dalam mesin percetakan tiap jam.
2. Waktu Antar kedatangan, yaitu selisih waktu kedatangan gulungan kertas satu dengan waktu kedatangan gulungan kertas sebelumnya.
3. Waktu Produksi, yaitu waktu mulai dari gulungan kertas masuk ke dalam mesin percetakan sampai gulungan kertas habis.
4. Faktor Menunggu, yaitu jumlah sisa gulungan kertas yang tidak dapat dipakai lagi (residu) dalam satuan berat tertentu.
5. Biaya Produksi, yaitu besar biaya yang dikeluarkan untuk keperluan produksi seperti gaji pegawai dan biaya daya listrik pada mesin-mesin produksi.
6. Biaya Menunggu, yaitu besar biaya yang dikeluarkan sejumlah sisa gulungan kertas yang tidak dapat dipakai lagi (residu) atau harga kertas dalam berat tertentu.

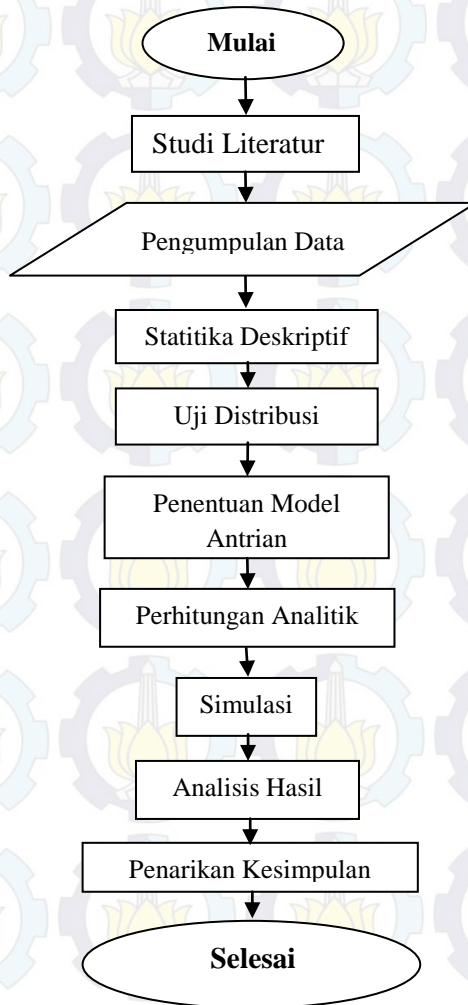
3.3 Langkah Analisis

Langkah-langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menampilkan data dalam statistika deskriptif.
2. Uji tingkat kedatangan, dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. Menentukan hipotesis
 H_0 : tingkat kedatangan berdistribusi *Poisson*
 H_1 : tingkat kedatangan tidak berdistribusi *Poisson*
 - b. Menentukan taraf nyata atau tingkat signifikansi (α).
 - c. Menentukan kriteria pengujian atau wilayah kritis
 - d. Menentukan statistik uji
 - e. Membuat kesimpulan
3. Uji distribusi waktu antar kedatangan dan waktu proses produksi, dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. Melakukan pendugaan distribusi untuk variabel waktu antar kedatangan dan waktu produksi.
 - b. Menentukan hipotesis
 H_0 : waktu antar kedatangan/waktu proses produksi berdistribusi *sesuai hasil pendugaan*.
 H_1 : waktu antar kedatangan/waktu proses produksi tidak berdistribusi *sesuai hasil pendugaan*.
 - c. Menentukan taraf nyata atau tingkat signifikansi (α).
 - d. Menentukan kriteria pengujian atau wilayah kritis
 - e. Menentukan statistik uji
 - f. Membuat kesimpulan
4. Menentukan model antrian yang sesuai dengan distribusi pada variabel penelitian.
5. Melakukan perhitungan analisis sistem antrian saat ini dan analisa *trade-off*.
6. Membuat simulasi antrian.
7. Membuat kesimpulan berdasarkan hasil perhitungan secara analisis maupun simulasi.

3.4 Diagram Alur Penelitian

Langkah-langkah analisis yang digunakan memiliki alur seperti pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alur Langkah-Langkah Penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum PT. Temprina Media Grafika

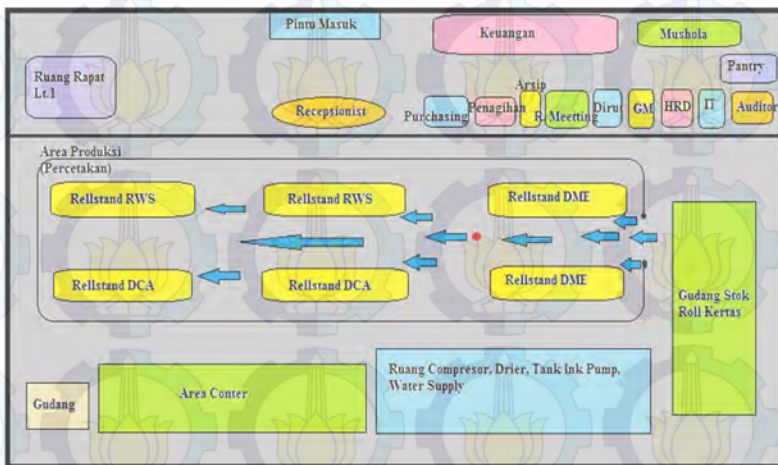
PT. Temprina Media Grafika merupakan anak perusahaan dari Jawa Pos Group yang bergerak dibidang percetakan *Web Rotary Offset Printing, Sheetfed Printing* dan *Finishing* yang menghasilkan produk koran, tabloid, majalah, buku dan produk media cetak lainnya.

Perkembangan PT Jawa Pos yang semakin pesat perlu didukung oleh layanan percetakan yang harus mampu mendukung aspek mutu atau kualitas, ketepatan waktu, dan jumlah sesuai yang diminta. Untuk itu bagian percetakan yang awal mulanya merupakan bagian dari departemen produksi PT Jawa Pos kemudian dipisahkan menjadi perusahaan berbadan hukum sendiri dengan Akta Pendirian Perusahaan tertanggal 29 Nopember 1996.

Proses percetakan dilakukan dalam dua bagian waktu yakni waktu Komersil dan waktu Jawapos. Waktu Komersil adalah waktu dimana produk yang diproses bukan merupakan produk dari Jawapos melainkan produk dari media cetak lain dimana PT. Temprina Media Grafika berperan sebagai penyedia jasa percetakan, produk yang dihasil biasanya berupa tabloid, majalah, buku, Al-Qur'an dan sebagainya, waktu Komersil ini berlangsung mulai pukul 07.00 sampai 15.00 dengan jumlah pekerja bagian percetakan sebanyak 10 orang. Waktu Jawapos adalah waktu dimana produk yang diproses merupakan produk dari Jawapos dan beberapa koran lain, produk yang dihasilkan biasanya adalah koran-koran Jawapos, Metropolis, Radar Bojonegoro, Radar Mojokerto, dan sebagainya, waktu Jawapos ini berlangsung mulai pukul 19.00 sampai 03.00.

Proses percetakan di PT. Temprina Media Grafika ditunjukan pada Gambar 4.1. Gulungan kertas dari gudang *roll* kertas akan masuk pada area produksi (percetakan). Masuknya gulungan kertas bergantung pada perkiraan jumlah konsumsi

gulungan kertas pada saat itu dan jumlah gulungan yang berada pada sistem, sehingga sangat mungkin untuk terjadinya antrian pemrosesan. Disamping itu pula, gulungan kertas harus selalu tersedia, apabila gulungan kertas terlambat untuk dibawa dan di waktu bersamaan, didalam sistem gulungan kertas sudah habis, maka proses produksi pasti berhenti dan hal tersebut dapat mengganggu kinerja pemrosesan.



Gambar 4.1 Pemrosesan Gulungan Kertas

Keterangan:

- adalah tempat pengamatan dan pengambilan data
- ← adalah arah masuk gulungan kertas untuk diproses

4.2 Data Masukan

Berdasarkan hasil wawancara dengan Manager HRD, Ka. PPIC dan hasil pengamatan sebelumnya, bahwa proses produksi dimulai pada pukul 07.00-15.00 untuk waktu komersil dan waktu istirahat sekitar satu jam pada pukul 12.00-13.00, khusus untuk hari Jum'at waktu untuk istirahat sekitar dua jam yaitu pukul 11.00-13.00 dan untuk hari Sabtu proses produksi hanya sekitar lima jam yaitu pukul 07.00-12.00, adapun sekitar satu jam awal yaitu pukul 07.00-08.00 dilakukan persiapan pada mesin-mesin

untuk siap beroperasi.. Dari hasil tersebut, pengamatan dilakukan mulai hari Senin–Jum’at, tanggal 9 Maret 2015-20 Maret 2015 pada pukul 08.00-12.00 dan 13.00-15.00.

4.3 Statistika Deskriptif

Beberapa variabel-variabel yang berkaitan dengan analisis sistem antrian dan analisis *trade-off* adalah tingkat kedatangan gulungan kertas, lama waktu antar kedatangan gulungan kertas, lama waktu produksi gulungan kertas, sisa gulungan yang tidak dapat dipakai lagi. Variabel-variabel ini akan dianalisa perhari, yaitu hari Senin-Sabtu tanggal 9 Maret 2015-14 Maret 2015 dan Selasa-Jum’at tanggal 17 Maret 2015-20 Maret 2015.

4.3.1 Tingkat Kedatangan Gulungan Kertas

Berdasarkan Lampiran A, statistika deskriptif untuk variabel tingkat kedatangan gulungan kertas per jam ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tingkat Kedatangan Gulungan Kertas Setiap Satu Jam (9 Maret 2015-20 Maret 2015)

Hari	N	Min	Maks	Mean	Standart Deviasi
Senin	10	0	5	2,5	2,08166
Selasa	15	0	6	2,5	2,50998
Rabu	15	0	4	2,5	2,3452
Kamis	14	0	6	2,333	2,065591
Jum’at	14	1	6	2,8	1,788854
Sabtu	19	0	8	4,75	3,947573
Selasa	21	0	8	3,5	2,7386
Rabu	17	1	4	2,833	1,834848
Kamis	11	0	4	1,833	1,32916
Jum’at	24	3	5	4,8	2,280351

Keterangan:

N : Jumlah gulungan kertas.

Min : Minimum kedatangan gulungan kertas per jam.

Maks : Maksimum kedatangan gulungan kertas per jam.

Berdasar Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa tingkat kedatangan gulungan kertas yang terkecil adalah pada hari Senin-Rabu tanggal 9 Maret 2015-11 Maret 2015 dengan rata-rata 2,5 gulungan per jam. Sedangkan tingkat kedatangan gulungan kertas terbanyak adalah pada hari Sabtu tanggal 14 Maret 2015 dengan rata-rata 4,75 gulungan kertas per jam. Untuk nilai standart deviasi terbesar adalah pada hari Sabtu tanggal 14 Maret 2015. Standart deviasi menunjukkan besarnya variasi dari data.

4.3.2 Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas

Berdasarkan Lampiran A, statistika deskriptif untuk variabel waktu antar kedatangan gulungan kertas ditampilkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas (9 Maret 2015-20 Maret 2015)

Hari	N	Min	Maks	Mean	Standart Deviasi
Senin	10	8	2059	605,5	752,4216
Selasa	15	23	2249	822,833	769,6331
Rabu	15	5	4700	1068,917	1283,97
Kamis	14	2	2889	1031,5	1125,6
Jum'at	14	48	2419	1083,182	888,8179
Sabtu	19	4	2465	562,944	776,7431
Selasa	21	31	2042	739,8947	779,0319
Rabu	17	15	2892	847,8	901,2683
Kamis	11	38	5124	1538,556	2015,446
Jum'at	24	12	2880	552,8182	800,3413

Keterangan:

N : Jumlah gulungan kertas.

Min : Minimum waktu antar kedatangan dalam detik.

Maks : Maksimum waktu antar kedatangan dalam detik.

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui waktu antar kedatangan gulungan kertas terpendek adalah pada hari Jum'at tanggal 20 Maret 2015 dengan rata-rata waktu antar kedatangan

552,8182 detik. Sedangkan waktu antar kedatangan terpanjang adalah pada hari Kamis tanggal 19 Maret 2015 dengan rata-rata waktu antar kedatangan 1538,556 detik. Untuk nilai standart deviasi terbesar adalah pada hari Kamis tanggal 19 Maret 2015. Tabel 4.2 juga menunjukkan bahwa semakin pendek rata-rata dan standart deviasi maka tingkat kedatangan gulungan satu dengan yang lain akan semakin rapat.

4.3.3 Waktu Pemrosesan

Berdasarkan Lampiran A, statistika deskriptif untuk variabel waktu pemrosesan gulungan kertas ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas (9 Maret 2015-20 Maret 2015)

Hari	N	Min	Maks	Mean	Standart Deviasi
Senin	10	965	4243	2493,7	1163,604
Selasa	15	1561	7328	3127,2	1698,404
Rabu	15	900	3838	2809,6	914,9235
Kamis	14	657	6745	2999,357	1609,862
Jum'at	14	886	4984	2518,214	1333,352
Sabtu	19	788	8591	3438,947	1876,808
Selasa	21	969	6745	3543,095	1580,953
Rabu	17	1884	5161	3158,824	1103,502
Kamis	11	1080	8492	4922,909	3044,015
Jum'at	24	979	5814	2759,677	1312,805

Keterangan:

N : Jumlah gulungan kertas.

Min : Minimum waktu pemrosesan dalam detik.

Maks : Maksimum waktu pemrosesan dalam detik.

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui waktu proses produksi per gulungan kertas tersingkat adalah pada hari Senin tanggal 9 Maret 2015 dengan rata-rata waktu proses produksi per gulungan kertas adalah 2493,7 detik. Sedangkan waktu proses produksi per gulungan kertas terlama adalah pada hari Kamis

tanggal 19 Maret 2015 dengan rata-rata waktu proses produksi per gulungan kertas adalah 4922,909 detik. Untuk nilai standart deviasi terbesar adalah pada hari Kamis tanggal 19 Maret 2015 yaitu sebesar 3044,015 detik yang berarti waktu proses produksi per gulungan kertas pada hari tersebut sangat berbeda jauh untuk setiap gulungan satu dengan yang lain.

4.3.4 Sisa Gulungan Kertas

Berdasarkan Lampiran A ,statistika deskriptif untuk variabel sisa gulungan kertas ditampilkan pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Sisa Gulungan Kertas (9 Maret 2015-20 Maret 2015)

Hari	Min (kg)	Maks (kg)	Mean (kg)	Standart Deviasi	Total (kg)
Senin	5,5	5,5	5,5	0	11
Selasa	4,3	30	9,966	9,169924	89,7
Rabu	5,3	5,6	5,4385	0,0768	70,7
Kamis	5,3	35,8	14,2	12,87837	127,8
Jum'at	5,3	5,5	5,3571	0,07868	37,5
Sabtu	5,3	5,5	5,41	0,08751	54,1
Selasa	5,1	23	7,6866	5,6535	115,3
Rabu	5,1	5,6	5,3461	0,16132	69,5
Kamis	2,2	10	5,766	3,9425	17,3
Jum'at	5,1	10,3	5,6875	1,2382	91

Keterangan:

Min : Minimum sisa gulungan.

Maks : Maksimum sisa gulungan.

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat diketahui sisa gulungan kertas paling sedikit adalah pada hari Rabu tanggal 18 Maret 2015 dengan rata-rata sisa gulungan kertas adalah 5,3461 kg. Sedangkan sisa gulungan kertas terbanyak adalah pada hari Kamis tanggal 12 Maret 2015 dengan rata-rata sisa gulungan kertas adalah 14,2 kg. Untuk nilai standart deviasi terbesar adalah pada hari Kamis tanggal 12 Maret 2015 yaitu sebesar 12,87837

yang berarti sisa gulungan kertas pada hari tersebut sangat berbeda jauh untuk setiap gulungan satu dengan yang lain.

4.4 Pendugaan Distribusi Probabilitas

Berdasarkan pembahasan 4.3, selanjutnya akan dilakukan pendugaan distribusi menggunakan Persamaan (2.40) guna menentukan distribusi terbaik yang nantinya dari hasil pendugaan akan digunakan sebagai hipotesa awal dan penentuan parameter suatu distribusi dalam uji hipotesa menggunakan Kolmogorov-Smirnov. Perhitungannya sebagai berikut:

1. Distribusi Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas

Dilakukan perhitungan terhadap koefisien varians data waktu antar kedatangan gulungan kertas pada Tabel 4.2 pembahasan 4.3. Perhitungan koefisien varians data waktu antar kedatangan gulungan kertas hari Senin tanggal 9 Maret 2015 menggunakan Persamaan (2.13), sebagai berikut :

$$cv = \frac{\sqrt{S^2}}{\bar{x}} = \frac{7524216}{6055} = 12426$$

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan 2.12.1, untuk hari Senin tanggal 9 Maret 2015, nilai koefisien varians (cv) adalah 1,2426 , maka diduga data waktu antar kedatangan gulungan kertas hari Senin tanggal 9 Maret 2015 berdistribusi Gamma/Weibull. Untuk pendugaan distribusi data waktu antar kedatangan gulungan kertas ditampilkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Pendugaan Distribusi Pada Waktu Antar Kedatangan.

Hari	Tanggal	cv	Distribusi
Senin	9 Maret 2015	1,2426	Gamma/Weibull
Selasa	10 Maret 2015	0,935345447	Gamma/Weibull
Rabu	11 Maret 2015	1,201187744	Gamma/Weibull
Kamis	12 Maret 2015	1,091226369	Gamma/Weibull
Jum'at	13 Maret 2015	0,820561918	Gamma/Weibull
Sabtu	14 Maret 2015	1,37978751	Gamma/Weibull
Selasa	17 Maret 2015	1,052895635	Gamma/Weibull

Lanjutan Tabel 4.5 Data Pendugaan Distribusi Pada Waktu Antar Kedatangan.

Hari	Tanggal	cv	Distribusi
Rabu	18 Maret 2015	1,063067115	Gamma/Weibull
Kamis	19 Maret 2015	1,309959468	Gamma/Weibull
Jum'at	20 Maret 2015	1,447747741	Gamma/Weibull

2. Distribusi Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas

Dilakukan perhitungan terhadap koefisien varians data waktu proses produksi gulungan kertas pada Tabel 4.3 pembahasan 4.3. Perhitungan koefisien varians data waktu proses produksi gulungan kertas hari Senin tanggal 9 Maret 2015 menggunakan Persamaan (2.13), sebagai berikut :

$$cv = \frac{\sqrt{s^2}}{\bar{x}} = \frac{1163604}{24937} = 0,46662$$

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan 2.12.1, untuk hari Senin tanggal 9 Maret 2015, nilai koefisien varians (**cv**) adalah 0,46662 , maka diduga data waktu pemrosesan gulungan kertas hari Senin tanggal 9 Maret 2015 berdistribusi Gamma/Weibull. Untuk pendugaan distribusi data waktu proses produksi gulungan kertas ditampilkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data Pendugaan Distribusi Pada Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas.

Hari	Tanggal	cv	Distribusi
Senin	9 Maret 2015	0,466617476	Gamma/Weibull
Selasa	10 Maret 2015	0,543106933	Gamma/Weibull
Rabu	11 Maret 2015	0,325641906	Gamma/Weibull
Kamis	12 Maret 2015	0,536735707	Gamma/Weibull
Jum'at	13 Maret 2015	0,529483197	Gamma/Weibull
Sabtu	14 Maret 2015	0,545750778	Gamma/Weibull
Selasa	17 Maret 2015	0,446206777	Gamma/Weibull
Rabu	18 Maret 2015	0,349339501	Gamma/Weibull
Kamis	19 Maret 2015	0,618336638	Gamma/Weibull
Jum'at	20 Maret 2015	0,475709657	Gamma/Weibull

Berdasarkan Tabel 4.5 dan Tabel 4.6, maka baik untuk data waktu antar kedatangan maupun data proses produksi seluruhnya diduga berdistribusi Gamma/Weibull. Hasil dari pendugaan distribusi akan digunakan untuk mendapatkan parameter-parameter dari distribusi yang bersesuaian, untuk itu digunakan *software* Minitab 16 untuk mendapatkan parameter-parameter distribusi Gamma dan Weibull. Parameter-parameter distribusi Gamma dan Weibull akan disajikan pada Tabel 4.7 untuk parameter-parameter waktu antar kedatangan dan Tabel 4.8 untuk parameter-parameter waktu proses produksi.

Tabel 4.7 Parameter-Parameter Distribusi Pada Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas (9 Maret 2015-20 Maret 2015)

Hari	Parameter Gamma		Parameter Weibull	
	α	β	α	β
Senin	0,6476	934,99	0,3406	280,49
Selasa	0,97848	778,05	0,66131	656,23
Rabu	0,59101	1670,2	0,47359	690,46
Kamis	0,83979	1228,3	0,40441	708,82
Jum'at	1,258	792,44	0,74189	944,45
Sabtu	0,52526	1071,7	0,57609	346,42
Selasa	0,90205	820,24	0,63191	591,31
Rabu	0,88487	958,11	0,63668	699,64
Kamis	0,58274	2640,2	0,52178	832,84
Jum'at	0,47711	1158,7	0,69762	361,18

Diperoleh pula parameter-parameter distribusi Gamma dan Weibull dari data waktu antar kedatangan gulungan kertas secara kumulatif mulai hari Senin tanggal 9 Maret 2015 sampai hari Jum'at tanggal 20 Maret 2015 yakni untuk distribusi Gamma diperoleh $\alpha = 065759$ dan $\beta = 12385$, untuk distribusi Weibull diperoleh $\alpha = 066235$ dan $\beta = 61781$.

Tabel 4.8 Parameter-Parameter Distribusi Pada Data Waktu Proses Produksi (9 Maret 2015-20 Maret 2015)

Hari	Parameter Gamma		Parameter Weibull	
	α	β	α	β
Senin	4,5928	542,96	1,9235	2676,8
Selasa	3,3902	922,42	2,2407	3244,8
Rabu	9,4302	297,94	2,2397	3191,9
Kamis	3,4712	864,07	1,4369	3305,3
Jum'at	3,5669	705,99	1,977	2671
Sabtu	3,3575	1024,3	1,6811	3714,2
Selasa	5,0226	705,43	2,1648	3884,2
Rabu	8,1942	385,5	2,9069	3436,8
Kamis	2,6155	1882,2	1,2212	5355,5
Jum'at	4,4189	624,52	2,2249	2999,2

Diperoleh pula parameter-parameter distribusi Gamma dan Weibull dari data waktu proses produksi gulungan kertas secara kumulatif mulai hari Senin tanggal 9 Maret 2015 sampai hari Jum'at tanggal 20 Maret 2015 yakni untuk distribusi Gamma diperoleh $\alpha = 35944$ dan $\beta = 87453$, untuk distribusi Weibull diperoleh $\alpha = 22051$ dan $\beta = 34978$.

4.5 Uji Hipotesa Distribusi Probabilitas

Uji Hipotesa yang digunakan adalah uji Kolmogorov – Smirnov, uji Hipotesa distribusi ini dilakukan untuk menentukan model antrian yang bersesuaian dengan data hasil pengamatan yang meliputi data Tingkat Kedatangan gulungan kertas yang akan diuji distribusi Poisson, data Waktu Proses Produksi yang akan diuji distribusi Eksponensial dan sesuai distribusi yang diduga pada data tersebut, data Waktu Antar Kedatangan gulungan kertas diuji sesuai distribusi yang diduga

4.5.1 Uji Distribusi Poisson Pada Data Tingkat Kedatangan Gulungan Kertas

Dilakukan pengujian menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov untuk setiap data pada Tabel 4.1. Data diuji secara kumulatif dari hari Senin tanggal 9 Maret 2015 sampai tanggal 20 Maret 2015, hipotesanya sebagai berikut:

Hipotesa :

H_0 : tingkat kedatangan gulungan kertas berdistribusi Poisson

H_1 : tingkat kedatangan gulungan kertas tidak berdistribusi Poisson

Jika $S(x_i)$ merupakan fungsi probabilitas kumulatif tingkat kedatangan gulungan kertas sampel ke- i dan $F(x_i)$ merupakan fungsi distribusi probabilitas kumulatif teoritis yang diujikan, maka diperoleh KS^+ , KS^- , dan KS_{test} berdasarkan Persamaan (2.14), Persamaan (2.15) dan Persamaan (2.16) sebagai berikut:

$$KS^+ = 0,13352, KS^- = 0,210337, \text{ dan } KS_{test} = 0,210337$$

Dengan nilai $\alpha=0,05$ dengan jumlah data sebanyak 54 pengamatan, diperoleh $KS_{tabel} = 0,185073 < KS_{test} = 0,210337$. Sehingga hipotesa H_0 ditolak, dengan kata lain diperoleh kesimpulan bahwa data tingkat kedatangan gulungan kertas tidak berdistribusi Poisson.

Perhitungan KS^+ , KS^- , dan KS_{test} tingkat kedatangan gulungan kertas untuk uji distribusi Poisson, ditampilkan pada Lampiran B.1.

4.5.2 Uji Distribusi Eksponensial Pada Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas

Dilakukan pengujian menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov untuk setiap data pada Tabel 4.3. Data diuji secara kumulatif dari hari Senin tanggal 9 Maret 2015 sampai Jum'at tanggal 20 Maret 2015, hipotesanya sebagai berikut:

Hipotesa :

H_0 : waktu pemrosesan gulungan kertas berdistribusi Eksponensial

H_1 : waktu pemrosesan gulungan kertas tidak berdistribusi Eksponensial

Jika $S(x_i)$ merupakan fungsi probabilitas kumulatif waktu pemrosesan gulungan kertas sampel ke- i dan $F(x_i)$ merupakan fungsi distribusi probabilitas kumulatif teoritis yang diujikan, maka diperoleh KS^+ , KS^- , dan KS_{test} berdasarkan Persamaan (2.14), Persamaan (2.15) dan Persamaan (2.16) sebagai berikut:

$$KS^+ = 0,112377, KS^- = 0,235145, \text{ dan } KS_{test} = 0,235145$$

Dengan nilai $\alpha=0,05$ dengan jumlah data 160 pengamatan, diperoleh $KS_{tabel} = 0,107517 < KS_{test} = 0,235145$. Sehingga hipotesa H_0 ditolak, dengan kata lain diperoleh kesimpulan bahwa data waktu proses produksi gulungan kertas tidak berdistribusi Eksponensial.

Perhitungan KS^+ , KS^- , dan KS_{test} waktu pemrosesan gulungan kertas untuk uji distribusi Eksponensial, ditampilkan pada Lampiran B.2.

4.5.3 Uji Distribusi Gamma Pada Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas

Dilakukan pengujian menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov untuk setiap data pada Tabel 4.2. Data diuji secara kumulatif dari hari Senin tanggal 9 Maret 2015 sampai Jum'at tanggal 20 Maret 2015, hipotesanya sebagai berikut:

Hipotesa :

H_0 : waktu antar kedatangan gulungan kertas berdistribusi Gamma.

H_1 : waktu antar kedatangan gulungan kertas tidak berdistribusi Gamma.

Jika $S(x_i)$ merupakan fungsi probabilitas kumulatif waktu antar kedatangan gulungan kertas sampel ke- i dan $F(x_i)$ merupakan

fungsi distribusi probabilitas kumulatif teoritis yang diujikan, maka diperoleh KS^+ , KS^- , dan KS_{test} berdasarkan Persamaan (2.14), Persamaan (2.15) dan Persamaan (2.16) sebagai berikut:

$$KS^+ = 0,133707, KS^- = 0,060258, \text{ dan } KS_{\text{test}} = 0,133707$$

Dengan nilai $\alpha=0,05$ dengan untuk jumlah data 141 diperoleh $KS_{\text{tabel}}=0,114533 < KS_{\text{test}}= 0,133707$. Sehingga hipotesa H_0 ditolak. Dengan kata lain, diperoleh kesimpulan bahwa data waktu antar kedatangan gulungan kertas pada tanggal Senin tanggal 9 Maret 2015 sampai 20 Maret 2015 tidak berdistribusi Gamma.

Perhitungan KS^+ , KS^- , dan KS_{test} waktu antar kedatangan gulungan kertas untuk uji distribusi Gamma, ditampilkan pada Lampiran B.3.

Hasil pengujian Kolmogorov-Smirnov untuk seluruh data waktu antar kedatangan gulungan kertas ditampilkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Pengujian Hipotesa Pada Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas

Hari/Tanggal	KS_{test}	KS_{tabel}	Kesimpulan
	Gamma	0.05	Gamma
Senin, 9 Maret 2015	0,423988	0,457	H_0 diterima
Selasa, 10 Maret 2015	0,17898	0,361	H_0 diterima
Rabu, 11 Maret 2015	0,161056	0,361	H_0 diterima
Kamis, 12 Maret 2015	0,245561	0,375	H_0 diterima
Jum'at, 13 Maret 2015	0,159622	0,375	H_0 diterima
Sabtu, 14 Maret 2015	0,166424	0,309	H_0 diterima
Selasa, 17 Maret 2015	0,318035	0,301	H_0 ditolak
Rabu, 18 Maret 2015	0,158497	0,338	H_0 diterima
Kamis, 19 Maret 2015	0,225794	0,432	H_0 diterima
Jum'at, 20 Maret 2015	0,127144	0,2889	H_0 diterima

4.5.4 Uji Distribusi Weibull Pada Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas

Dilakukan pengujian menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov untuk setiap data pada Tabel 4.2. Data diuji secara kumulatif dari hari Senin tanggal 9 Maret 2015 sampai Jum'at 20 Maret 2015, hipotesanya sebagai berikut:

Hipotesa :

H_0 : waktu antar kedatangan gulungan kertas berdistribusi Weibull

H_1 : waktu antar kedatangan gulungan kertas tidak berdistribusi Weibull

Jika $S(x_i)$ merupakan fungsi probabilitas kumulatif waktu antar kedatangan gulungan kertas sampel ke- i dan $F(x_i)$ merupakan fungsi distribusi probabilitas kumulatif teoritis yang diujikan, maka diperoleh KS^+ , KS^- , dan KS_{test} berdasarkan Persamaan (2.14), Persamaan (2.15) dan Persamaan (2.16) sebagai berikut:

$$KS^+ = 0,080261, KS^- = 0,079631, \text{ dan } KS_{test} = 0,080261$$

Dengan nilai $\alpha=0,05$ dengan jumlah data 141, diperoleh $KS_{tabel} = 0,114533 > KS_{test}=0,080261$. Sehingga hipotesa H_0 gagal ditolak. Dengan kata lain, diperoleh kesimpulan bahwa data waktu antar kedatangan gulungan kertas pada Senin tanggal 9 Maret 2015 sampai Jum'at tanggal 20 Maret 2015 berdistribusi Weibull.

Perhitungan KS^+ , KS^- , dan KS_{test} waktu antar kedatangan gulungan kertas untuk uji distribusi Weibull, ditampilkan pada Lampiran B.4.

Hasil pengujian Kolmogorov-Smirnov untuk seluruh data waktu antar kedatangan gulungan kertas ditampilkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Pengujian Hipotesa Pada Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas

Hari/Tanggal	KS_{test}	KS_{tabel}	Kesimpulan
	Weibull	0.05	
Senin, 9 Maret 2015	0,2575	0,457	H_0 diterima
Selasa, 10 Maret 2015	0,18041	0,361	H_0 diterima
Rabu, 11 Maret 2015	0,2024	0,361	H_0 diterima
Kamis, 12 Maret 2015	0,17272	0,375	H_0 diterima
Jum'at, 13 Maret 2015	0,1364	0,375	H_0 diterima
Sabtu, 14 Maret 2015	0,13864	0,309	H_0 diterima
Selasa, 17 Maret 2015	0,1858	0,301	H_0 diterima
Rabu, 18 Maret 2015	0,19917	0,338	H_0 diterima
Kamis, 19 Maret 2015	0,181035	0,432	H_0 diterima
Jum'at, 20 Maret 2015	0,0982	0,2889	H_0 diterima

4.5.5 Uji Distribusi Gamma Pada Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas

Dilakukan pengujian menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov untuk setiap data pada Tabel 4.3. Data diuji secara kumulatif dari hari Senin tanggal 9 Maret 2015 sampai Jum'at tanggal 20 Maret 2015, hipotesanya sebagai berikut:

Hipotesa :

H_0 : waktu pemrosesan gulungan kertas berdistribusi Gamma

H_1 : waktu pemrosesan gulungan kertas tidak berdistribusi Gamma

Jika $S(x_i)$ merupakan fungsi probabilitas kumulatif waktu pemrosesan gulungan kertas sampel ke-i dan $F(x_i)$ merupakan fungsi distribusi probabilitas kumulatif teoritis yang diujikan, maka diperoleh KS^+ , KS^- , dan KS_{test} berdasarkan Persamaan (2.14), Persamaan (2.15) dan Persamaan (2.16) sebagai berikut:

$KS^+ = 0,060894$, $KS^- = 0,077063$, dan $KS_{test} = 0,077063$

Dengan nilai $\alpha=0,05$ dengan jumlah data 160 gulungan kertas, diperoleh $KS_{\text{tabel}} = 0,107517 > KS_{\text{test}} = 0,077063$. Sehingga hipotesa H_0 gagal ditolak. Dengan kata lain, diperoleh kesimpulan bahwa data waktu pemrosesan gulungan kertas pada Senin tanggal 9 Maret 2015 sampai Jum'at tanggal 20 Maret 2015 berdistribusi Gamma.

Perhitungan KS^+ , KS^- , dan KS_{test} waktu pemrosesan gulungan kertas untuk uji distribusi Weibull, ditampilkan pada Lampiran B.5.

Hasil pengujian Kolmogorov-Smirnov untuk seluruh data waktu antar kedatangan gulungan kertas ditampilkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Pengujian Hipotesa Pada Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas

Hari/Tanggal	KS_{test}	KS_{tabel}	Kesimpulan
	Gamma	0.05	
Senin, 9 Maret 2015	0,2575	0,410	H_0 diterima
Selasa, 10 Maret 2015	0,18041	0,338	H_0 diterima
Rabu, 11 Maret 2015	0,2024	0,338	H_0 diterima
Kamis, 12 Maret 2015	0,17272	0,349	H_0 diterima
Jum'at, 13 Maret 2015	0,1364	0,349	H_0 diterima
Sabtu, 14 Maret 2015	0,13864	0,301	H_0 diterima
Selasa, 17 Maret 2015	0,1858	0,285	H_0 diterima
Rabu, 18 Maret 2015	0,19917	0,318	H_0 diterima
Kamis, 19 Maret 2015	0,181035	0,391	H_0 diterima
Jum'at, 20 Maret 2015	0,0982	0,266	H_0 diterima

4.5.6 Uji Distribusi Weibull Pada Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas

Dilakukan pengujian menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov untuk setiap data pada Tabel 4.3. Untuk hari Senin 9 Maret 2015, hipotesanya sebagai berikut:

Hipotesa :

H_0 : waktu pemrosesan gulungan kertas berdistribusi Weibull

H_1 : waktu pemrosesan gulungan kertas tidak berdistribusi Weibull

Jika $S(x_i)$ merupakan fungsi probabilitas kumulatif waktu pemrosesan gulungan kertas sampel ke- i dan $F(x_i)$ merupakan fungsi distribusi probabilitas kumulatif teoritis yang diujikan, maka diperoleh KS^+ , KS^- , dan KS_{test} berdasarkan Persamaan (2.14), Persamaan (2.15) dan Persamaan (2.16) sebagai berikut:

$$KS^+ = 0,068135, KS^- = 0,049446, \text{ dan } KS_{\text{test}} = 0,068135$$

Dengan nilai $\alpha=0,05$ diperoleh $KS_{\text{tabel}} = 0,107517 > KS_{\text{test}}=0,068135$ untuk jumlah data 160 gulungan kertas. Sehingga hipotesa H_0 gagal ditolak. Dengan kata lain, diperoleh kesimpulan bahwa data waktu pemrosesan gulungan kertas pada Senin tanggal 9 Maret 2015 sampai Jum'at tanggal 20 Maret 2015 berdistribusi Weibull.

Perhitungan KS^+ , KS^- , dan KS_{test} waktu pemrosesan gulungan kertas untuk uji distribusi Weibull, ditampilkan pada Lampiran B.6.

Hasil pengujian Kolmogorov-Smirnov untuk seluruh data waktu pemrosesan gulungan kertas ditampilkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Pengujian Hipotesa Pada Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas

Hari/Tanggal	KS_{test}	KS_{tabel}	Kesimpulan
	Weibull	0.05	
Senin, 9 Maret 2015	0,216678	0,410	H_0 diterima
Selasa, 10 Maret 2015	0,176393	0,338	H_0 diterima
Rabu, 11 Maret 2015	0,220661	0,338	H_0 diterima
Kamis, 12 Maret 2015	0,286852	0,349	H_0 diterima
Jum'at, 13 Maret 2015	0,11041	0,349	H_0 diterima
Sabtu, 14 Maret 2015	0,230707	0,301	H_0 diterima

Lanjutan Tabel 4.12 Pengujian Hipotesa Pada Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas

Hari/Tanggal	KS _{test}	KS _{tabel}	Kesimpulan
	Weibull	0.05	
Selasa, 17 Maret 2015	0,122125	0,285	H ₀ diterima
Rabu, 18 Maret 2015	0,183414	0,318	H ₀ diterima
Kamis, 19 Maret 2015	0,170353	0,391	H ₀ diterima
Jum'at, 20 Maret 2015	0,151309	0,266	H ₀ diterima

4.6 Penentuan Model Antrian dan Analisa Ukuran-Ukuran Kinerja Sistem Antrian

Berdasarkan pembahasan 4.5.1 dan 4.5.2 diketahui bahwa data tingkat kedatangan gulungan kertas tidak berdistribusi Poisson dan data waktu pemrosesan gulungan kertas tidak berdistribusi Eksponensial serta disiplin antrian gulungan kertas di PT. Temprina Media Grafika adalah gulungan kertas yang datang dahulu akan diproses terlebih dahulu, sehingga model antrian yang sesuai adalah (GI/G/s):(FIFO/I/I), maka untuk menganalisa ukuran-ukuran kinerja pada antrian gulungan kertas pada proses produksi di PT. Temprina Media Grafika akan digunakan rumus ukuran-ukuran kinerja pada model (GI/G/s):(FIFO/I/I).

4.6.1 Tingkat Kesibukan Sistem (ρ)

Utilitas sistem atau tingkat kesibukan sistem pada hari Senin tanggal 9 Maret 2015 akan dicari dengan menggunakan Persamaan (2.1). Jika nilai yang dihasilkan $\rho > 1$ maka sistem dikatakan tidak *steady-state* atau akan terjadi banyak penumpukan gulungan kertas yang belum bisa diproses dan ukuran-ukuran kinerja sistem tidak dapat ditentukan. Namun, jika $\rho \leq 1$ maka sistem dikatakan *steady-state* maka jumlah gulungan kertas yang masuk dapat diproses semua. Berdasarkan Lampiran A.1, nilai utilitas adalah sebagai berikut:

$$\rho = \frac{\lambda}{s\mu} = \frac{25}{4 \times 1443638} = 0,432934$$

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa nilai utilitas atau tingkat kesibukan sistem untuk hari Senin adalah 0,432934 atau 43,2934%. Untuk perhitungan utilitas pada hari Selasa

tanggal 10 Maret 2015 sampai Jum'at 20 Maret 2015 dilakukan perhitungan yang seperti pada hari Senin tanggal 9 Maret 2015.

4.6.2 Probabilitas Tidak Ada Gulungan Kertas Dalam Sistem (P_0)

Probabilitas tidak ada unit dalam sistem menunjukkan peluang suatu sistem tidak memiliki unit untuk diproses, dalam hal ini unit yang dimaksud adalah gulungan kertas. Semakin tinggi nilai P_0 maka semakin tinggi maka peluang tidak ada gulungan kertas dalam sistem juga semakin tinggi, begitu juga sebaliknya. Berdasarkan Lampiran A.1, perhitungan probabilitas tidak ada gulungan kertas dalam sistem pada hari Senin tanggal 9 Maret 2015 dengan menggunakan Persamaan (2.2) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_0 &= \left(\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s(1-\rho)} \right)^{-1} \\
 &= \left(\frac{\left(\frac{25}{1443638}\right)^0}{0!} + \frac{\left(\frac{25}{1443638}\right)^1}{1!} + \frac{\left(\frac{25}{1443638}\right)^2}{2!} + \frac{\left(\frac{25}{1443638}\right)^3}{3!} + \right. \\
 &\quad \left. \frac{\left(\frac{25}{1443638}\right)^4}{4(1-0432934)} \right)^{-1} \\
 &= (1 + 1731736 + 1499455 + 0365553 + 2138191)^{-1} \\
 &= (5757563)^{-1} \\
 &= 0173685
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan probabilitas tidak ada gulungan kertas dalam sistem adalah sebesar 0.173685 atau 17,3585%. Untuk perhitungan probabilitas tidak ada gulungan kertas dalam sistem pada hari Selasa tanggal 10 Maret 2015 sampai Jum'at 20 Maret 2015 dilakukan perhitungan yang seperti pada hari Senin tanggal 9 Maret 2015.

4.6.3 Ekspektasi Banyak Gulungan Kertas Dalam Antrian (L_q)

Ekspektasi banyak gulungan kertas dalam antrian adalah jumlah gulungan kertas yang menunggu untuk diproses saja.

Ekspektasi banyak gulungan kertas dalam antrian pada hari Senin tanggal 9 Maret 2015 akan dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.3).

$$\begin{aligned}
 L_q &= \left(\frac{\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s \rho}{s!(1-\rho)^2} \right) P_0 \left(\frac{\mu^2 + v(t) + v(t')\lambda^2}{2} \right) \\
 &= \left(\frac{\left(\frac{25}{1443638} \right)^4 0432934}{4(1-0432934)^2} \right) 01731736 \left(\frac{1443638^2 + \left(\frac{135397}{3600^2} \right)^3 + \left(\frac{5661383}{3600^2} \right) 25^2}{2} \right) \\
 &= \left(\frac{0676254}{7.717532} \right) 232507 \\
 &= 010785
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa hampir tidak ada antrian gulungan kertas terjadi pada unit produksi setiap jamnya. Untuk perhitungan ekspektasi banyak gulungan kertas dalam antrian pada hari Selasa tanggal 10 Maret 2015 sampai Jum'at 20 Maret 2015 dilakukan perhitungan yang seperti pada hari Senin tanggal 9 Maret 2015.

4.6.4 Ekspektasi Banyak Gulungan Kertas Dalam Sistem (L)

Ekspektasi banyak gulungan kertas dalam system adalah ekspektasi jumlah gulungan yang sedang diproses dalam unit pemrosesan ditambah dengan ekspektasi banyak gulungan kertas pada antrian. Ekspektasi banyak gulungan kertas dalam sistem pada hari Senin tanggal 9 Maret 2015 akan dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.4).

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{\lambda}{\mu} + L_q \\
 &= \frac{25}{1443638} + 010785 \\
 &= 183958
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa jumlah gulungan kertas dalam sistem adalah sebanyak 183958 atau sekitar dua gulungan kertas berada dalam sistem setiap jamnya. Untuk perhitungan ekspektasi banyak gulungan kertas dalam

sistem pada hari Selasa tanggal 10 Maret 2015 sampai Jum'at 20 Maret 2015 dilakukan perhitungan yang seperti pada hari Senin tanggal 9 Maret 2015.

4.6.5 Ekspektasi Waktu Tunggu Dalam Antrian (W_q)

Ekspektasi waktu tunggu dalam antrian adalah waktu yang dihabiskan setiap gulungan kertas dari mulai tiba dalam sistem produksi sampai pada gulungan kertas tersebut masuk unit pemrosesan. Ekspektasi banyak gulungan kertas dalam system pada hari Senin tanggal 9 Maret 2015 akan dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.5).

$$\begin{aligned} W_q &= \frac{L_q}{\lambda} \\ &= \frac{0,0785}{2,5} \\ &= 0,03139 \end{aligned}$$

Dari perhitungan dapat diketahui bahwa ekspektasi waktu tunggu setiap gulungan kertas adalah sebesar 0,081494518 jam atau kurang lebih lima menit. Untuk perhitungan ekspektasi waktu tunggu dalam antrian pada hari Selasa tanggal 10 Maret 2015 sampai Jum'at 20 Maret 2015 dilakukan perhitungan yang seperti pada hari Senin tanggal 9 Maret 2015.

4.6.6 Ekspektasi Waktu Tunggu Gulungan Kertas Dalam Sistem (W)

Ekspektasi waktu tunggu dalam sistem adalah waktu yang dibutuhkan gulungan kertas dari mulai tiba dalam sistem sampai selesai diproses menjadi produk media cetak tertentu. Ekspektasi waktu tunggu dalam sistem pada hari Senin tanggal 9 Maret 2015 akan dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.6).

$$\begin{aligned} W &= W_q + \frac{1}{\mu} \\ &= 0,03139 + \frac{1}{1,443638} \\ &= 0,735834 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa ekspektasi waktu tunggu dalam sistem untuk setiap gulungan kertas adalah

0,735834 jam atau kurang lebih 44 menit. Untuk perhitungan ekspektasi waktu tunggu dalam sistem pada hari Selasa tanggal 10 Maret 2015 sampai Jum'at 20 Maret 2015 dilakukan perhitungan seperti pada hari Senin tanggal 9 Maret 2015.

Hasil perhitungan ukuran-ukuran kinerja sistem pada antrian gulungan kertas untuk dilakukan proses percetakan akan ditampilkan pada Tabel 4.13 sebagai berikut:

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Ukuran Kinerja Sistem Antrian Gulungan Kertas

Hari	Senin, 9 Maret 2015	Selasa, 10 Maret 2015	Rabu, 11 Maret 2015	Kamis, 12 Maret 2015	Jum'at, 13 Maret 2015
S	4	5	4	5	4
$\rho(\%)$	0,432934	0,434	0,4876	0,3888	0,4896
P_0	0,178635	0,1129	0,1412	0,1422	0,1364
L_q (gulungan kertas)	0,10785	0,0562	0,198	0,0372	0,2090
L (gulungan kertas)	1,83958	2,2258	2,1485	1,981	2,1676
W_q (jam)	0,043139	0,0225	0,0791	0,01594	0,07466
W (jam)	0,735834	0,8903	0,8593	0,8491	0,77416

Keterangan :

s : Jumlah Server

ρ : Utilitas sistem

P_0 : Probabilitas tidak ada pasien

L_q : Ekspektasi banyak gulungan kertas dalam antrian

L : Ekspektasi banyak gulungan kertas sistem

W_q : Ekspektasi waktu tunggu gulungan kertas untuk diproses

W : Ekspektasi waktu tunggu gulungan kertas dalam sistem

Lanjutan Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Ukuran Kinerja Sistem Antrian Gulungan Kertas

Hari	Sabtu, 14 Maret 2015	Selasa, 17 Maret 2015	Rabu, 18 Maret 2015	Kamis, 19 Maret 2015	Juni at, 20 Maret 2015
s	6	5	4	6	6
ρ (%)	0,75625	0,688935	0,6215	0,41784	0,6133
P_0	0,008709	0,02774	0,0749	0,08104	0,02385
L_q (gulungan kertas)	1,6246	0,7179	0,4907	0,03967	0,5012
L (gulungan kertas)	6,162	4,1627	2,9768	2,546	4,1807
W_q (jam)	0,3420	0,2051	0,17318	0,02164	0,1044
W (jam)	1,2972	1,189	1,0506	1,3891	0,87099

Ekspektasi banyaknya gulungan kertas yang menunggu untuk dilakukan pemrosesan terbesar terjadi pada hari Sabtu tanggal 14 Maret 2015 sebesar 1,6246 yang berarti setidaknya terdapat satu sampai dua gulungan kertas yang menunggu setiap jamnya untuk dilakukan pemrosesan. Sedangkan yang paling kecil terjadi pada hari Kamis tanggal 12 Maret 2015 sebesar 0,0372 yang berarti hampir tidak terjadi antrian gulungan kertas yang menunggu untuk dilakukan pemrosesan pada hari tersebut. Ekspektasi banyaknya gulungan kertas dalam sistem (sedang diproses dan yang sedang menunggu untuk pemrosesan) terbesar terjadi pada hari Sabtu tanggal 14 Maret 2015 sebesar 6,162 yang berarti terdapat enam gulungan kertas dalam sistem setiap jamnya. Sedangkan yang paling kecil terjadi pada hari Senin 9 Maret 2015 sebesar 1,935. Ekspektasi waktu tunggu gulungan kertas dalam antrian terlama terjadi pada hari Sabtu tanggal 14

Maret 2015 selama 0,3420 jam atau kurang lebih 21 menit. Sedangkan yang tercepat terjadi pada hari Kamis 12 Maret 2015 sebesar 0,01594 jam atau kurang lebih 1 menit. Ekspektasi waktu tunggu gulungan kertas dalam sistem terlama terjadi pada hari Kamis 19 Maret 2015 selama 1,3891 jam atau kurang lebih satu jam 23 menit. Sedangkan yang tercepat terjadi pada hari Jum'at tanggal 13 Maret 2015 selama 0,77416 jam atau kurang lebih 46 menit.

Sistem antrian yang optimal tidak cukup hanya dipandang dari besarnya ukuran kinerja antrian, karena ukuran kinerja antrian hanya merepresentasikan sistem antrian yang berlangsung tanpa bisa memberi pemahaman sistem antrian yang berlangsung sudah atau belum optimal, sehingga digunakan analisa *trade-off* sebagai indikator sistem antrian yang berlangsung optimal atau tidak berdasarkan biaya waktu menunggu dan biaya pemrosesan.

4.7 Analisa Trade-off

Berdasarkan pembahasan 4.6, telah diperoleh ukuran-ukuran kinerja pada sistem antrian di PT. Temprina Media Grafika yang akan digunakan untuk pembahasan analisa *trade-off* yang berusaha mengoptimalkan antara biaya menunggu dan biaya penambahan *server* dimana kedua biaya tersebut sifatnya saling bertentangan. Penambahan *server* akan mengakibatkan bertambahnya biaya produksi namun akan mengurangi biaya menunggu, begitu sebaliknya.

4.7.1 Penentuan Biaya Waktu Tunggu

Dalam penelitian ini, biaya waktu tunggu yang bisa diukur adalah biaya sisa gulungan kertas dalam satuan kilogram (kg) dan ekspektasi banyak gulungan kertas dalam antrian. Data sisa gulungan kertas produksi per harinya telah disajikan pada Tabel 4.4. Berdasarkan Lampiran A Tabel A.13 dan Tabel A.14 diperoleh biaya rata-rata per kilogram kertas sebesar Rp. 8.856,00 yang digunakan sebagai biaya menunggu (c_2) dan rata-rata berat satu gulungan kertas sebesar 415,33 kilogram. Sehingga, nilai faktor menunggu ($\bar{n}t$) dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\overline{nt} = \frac{w}{t} + (L_q \cdot 41533) \quad (4.1)$$

dengan:

w : *waste* atau total sisa gulungan kertas setiap akhir proses produksi.

c_2 : ekspektasi banyak gulungan kertas dalam antrian

t : total waktu produksi

Subtitusikan Persamaan (4.1) pada Persamaan (2.7), sehingga untuk perhitungan ekspektasi biaya menunggu menjadi:

$$\begin{aligned} E(c_2) &= \overline{nt} \cdot c_2 \\ &= \frac{w}{t} + (L_q \cdot 41533) \cdot c_2 \end{aligned} \quad (4.2)$$

Ekspektasi biaya menunggu pada hari Senin tanggal 9 Maret 2015 akan dihitung dengan menggunakan Persamaan (4.2).

$$\begin{aligned} E(c_2) &= \frac{w}{t} + (L_q \cdot 415,33) \cdot c_2 \\ &= \frac{11}{4} + (0,10785) \cdot 8856 \\ &= 421041 \end{aligned}$$

Dari perhitungan, diperoleh ekspektasi biaya menunggu untuk empat *server* sebesar Rp. 495.103,00. Perhitungan ekspektasi biaya menunggu untuk variasi jumlah *server* pada hari Senin tanggal 9 Maret 2015 dilakukan perhitungan yang sama, dengan nilai L_q yang bersesuaian dengan jumlah *server*.

4.7.2 Penentuan Biaya Pemrosesan

Biaya pemrosesan gulungan kertas pada penelitian ini adalah besar biaya yang digunakan untuk setiap mesin percetakan dan gaji karyawan. Berdasarkan Lampiran A Tabel A.12 diperoleh rata-rata biaya listrik per hari sebesar Rp. 14.631.839,00 dan Gaji 10 karyawan bagian produksi per jam sebesar Rp. 185.185,00. Dengan jumlah total *server* mesin sebanyak 24 mesin dengan asumsi lima *server* mesin beroperasi pada waktu Komersil (07.00 sampai 15.00) dan semua *server* mesin beroperasi pada jam Jawapos (19.00 sampai 03.00), diperoleh biaya operasional tiap mesin sebesar Rp. 64.457,00. Sehingga, diperoleh biaya

pemrosesan tiap *server* per jam sebesar Rp. 249.643 sebagai biaya pemrosesan (c_1).

Ekspektasi biaya pemrosesan untuk empat *server* mesin akan dihitung menggunakan Persamaan (2.8).

$$E(c_1) = s \cdot c_1$$

$$E(c_1) = 4 \cdot (249643)$$

$$E(c_1) = 998572$$

Dari perhitungan, diperoleh ekspektasi biaya pemrosesan untuk empat *server* sebesar Rp. 998.572,00. Perhitungan ekspektasi biaya pemrosesan untuk variasi jumlah *server* dilakukan perhitungan yang sama dengan perhitungan ekspektasi biaya pemrosesan empat *server*.

4.7.3 Penentuan Biaya Total (*Total Cost*)

Biaya total (*Total Cost*) diperoleh dengan menjumlahkan ekspektasi biaya pemrosesan dengan ekspektasi biaya menunggu dengan jumlah *server* yang bersesuaian. Perhitungan biaya total untuk hari Senin tanggal 9 Maret 2015 dengan jumlah *server* empat akan dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.9).

$$\begin{aligned} TC &= s \cdot c_1 + \overline{nt} \cdot c_2 \\ &= 998572 + 421041 \\ &= 1419613 \end{aligned}$$

Dari perhitungan, diperoleh biaya total (*total cost*) pada pemrosesan hari Senin tanggal 9 Maret 2015 dengan jumlah *server* sebanyak empat sebesar Rp. 1.419.613,00. Analisa *trade-off* untuk hari Senin tanggal 9 Maret 2015 sampai Jum'at tanggal 20 Maret 2015 akan disajikan pada tabel-tabel berikut:

Tabel 4.14 Biaya Total Berdasarkan Jumlah *Server* Pada Senin 9 Maret 2015

S	Lq	E(c1)	E(c2)	TC
3	0,59762	Rp 748.929	Rp 2.222.496	Rp 2.971.425
4	0,107849	Rp 998.572	Rp 421.041	Rp 1.419.613

Lanjutan Tabel 4.14 Biaya Total Berdasarkan Jumlah *Server* Pada Senin 9 Maret 2015

s	Lq	E(c1)	E(c2)	TC
5	0,02249	Rp1.248.215	Rp 107.076	Rp 1.355.291
6	0,004567	Rp1.497.858	Rp 41.152	Rp 1.539.010
7	0,000865	Rp1.747.501	Rp 27.536	Rp 1.775.037
8	0,000151	Rp1.997.144	Rp 24.910	Rp 2.022.054
9	2,43E-05	Rp2.246.787	Rp 24.444	Rp 2.271.231
10	3,62E-06	Rp2.496.430	Rp 24.367	Rp 2.520.797
11	4,99E-07	Rp2.746.073	Rp 24.356	Rp 2.770.429
12	6,4E-08	Rp2.995.716	Rp 24.354	Rp 3.020.070

Minimal Total Cost Rp 1.355.291

Keterangan:

Lq : Ekspektasi banyak gulungan kertas dalam antrian

E(c1) : Ekspektasi biaya pemrosesan setiap jam

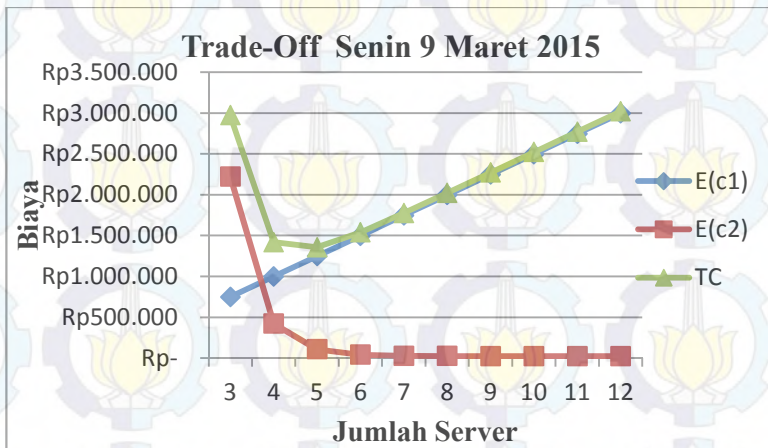
E(c2) : Ekspektasi biaya menunggu setiap jam

TC : Ekspektasi biaya total system antrian

Berdasarkan Tabel 4.14, biaya total minimal adalah sebesar Rp 1.355.291,00 dan terjadi ketika jumlah *server* mesin yang digunakan sebanyak lima *server* mesin, sehingga perlu penambahan satu *server* agar minimal total biaya pemrosesan tercapai serta lebih mempercepat pemrosesan, dan diperoleh $\rho = 0,463$. Gambar 4.2 menyajikan analisa *trade-off* dalam bentuk grafik untuk hari Senin 9 Maret 2015.

Tabel 4.15 Biaya Total Berdasarkan Jumlah *Server* Pada Selasa 10 Maret 2015

s	Lq	E(c1)	E(c2)	TC
3	1,666006	Rp 748.929	Rp 6.260.237	Rp 7.009.166
4	0,247984	Rp 998.572	Rp 1.044.523	Rp 2.043.095



Gambar 4.2. Trade-Off Senin 9 Maret 2015

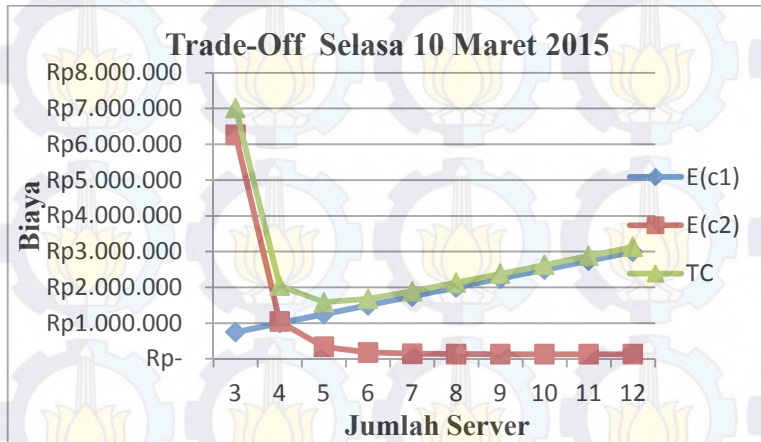
Lanjutan Tabel 4.15 Biaya Total Berdasarkan Jumlah Server
Pada Selasa 10 Maret 2015

s	Lq	E(c1)	E(c2)	TC
5	0,056252	Rp1.248.215	Rp 339.302	Rp 1.587.517
6	0,013328	Rp1.497.858	Rp 181.419	Rp 1.679.277
7	0,00303	Rp1.747.501	Rp 143.544	Rp 1.891.045
8	0,000645	Rp1.997.144	Rp 134.768	Rp 2.131.912
9	0,000127	Rp2.246.787	Rp 132.866	Rp 2.379.653
10	2,34E-05	Rp2.496.430	Rp 132.483	Rp 2.628.913
11	3,99E-06	Rp2.746.073	Rp 132.412	Rp 2.878.485
12	6,34E-07	Rp2.995.716	Rp 132.400	Rp 3.128.116

Minimal Total Cost Rp 1.587.517

Berdasarkan Tabel 4.15, biaya total minimal adalah sebesar Rp 1.587.517,00 dan terjadi ketika jumlah *server* mesin yang digunakan sebanyak lima *server* mesin, sehingga dapat dikatakan proses produksi pada hari Selasa 10 Maret 2015 sudah optimal.

Gambar 4.3 menyajikan analisa *trade-off* dalam bentuk grafik untuk hari Selasa 10 Maret 2015.



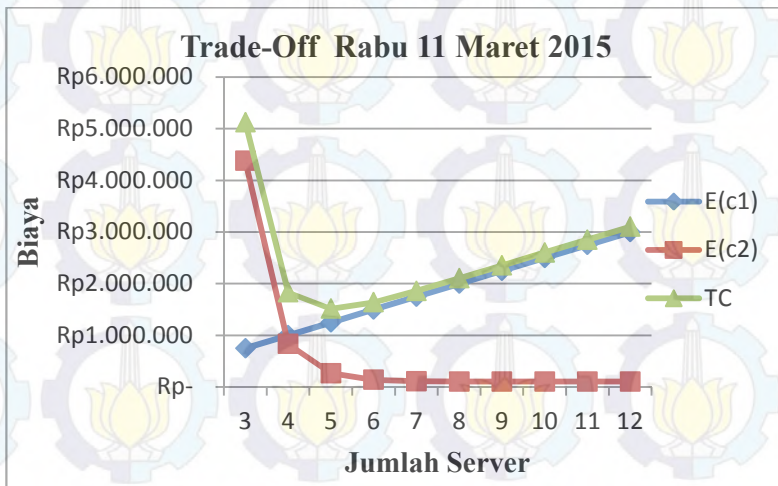
Gambar 4.3. *Trade-Off* Selasa 10 Maret 2015

Tabel 4.16 Biaya Total Berdasarkan Jumlah *Server* Pada Rabu 11 Maret 2015

s	Lq	E(c1)	E(c2)	TC
3	1,161314	Rp 748.929	Rp 4.375.853	Rp 5.124.782
4	0,197993	Rp 998.572	Rp 832.604	Rp 1.831.176
5	0,043609	Rp1.248.215	Rp 264.752	Rp 1.512.967
6	0,009647	Rp1.497.858	Rp 139.837	Rp 1.637.695
7	0,002017	Rp1.747.501	Rp 111.772	Rp 1.859.273
8	0,000392	Rp1.997.144	Rp 105.793	Rp 2.102.937
9	7,03E-05	Rp2.246.787	Rp 104.612	Rp 2.351.399
10	1,17E-05	Rp2.496.430	Rp 104.396	Rp 2.600.826
11	1,8E-06	Rp2.746.073	Rp 104.360	Rp 2.850.433
12	2,59E-07	Rp2.995.716	Rp 104.354	Rp 3.100.070

Minimal Total Cost Rp 1.512.967

Berdasarkan Tabel 4.16, biaya total minimal adalah sebesar Rp 1.512.967,00 dan terjadi ketika jumlah *server* mesin yang digunakan sebanyak lima *server* mesin, sehingga perlu penambahan satu *server* dari jumlah *server* awal empat *server* agar minimal total biaya pemrosesan tercapai dan akan lebih mengoptimalkan pemrosesan, dan diperoleh $\rho = 0,90093$. Gambar 4.4 menyajikan analisa *trade-off* dalam bentuk grafik untuk hari Rabu 11 Maret 2015.



Gambar 4.4. Trade-Off Rabu 11 Maret 2015

Tabel 4.17 Biaya Total Berdasarkan Jumlah *Server* Pada Kamis 12 Maret 2015

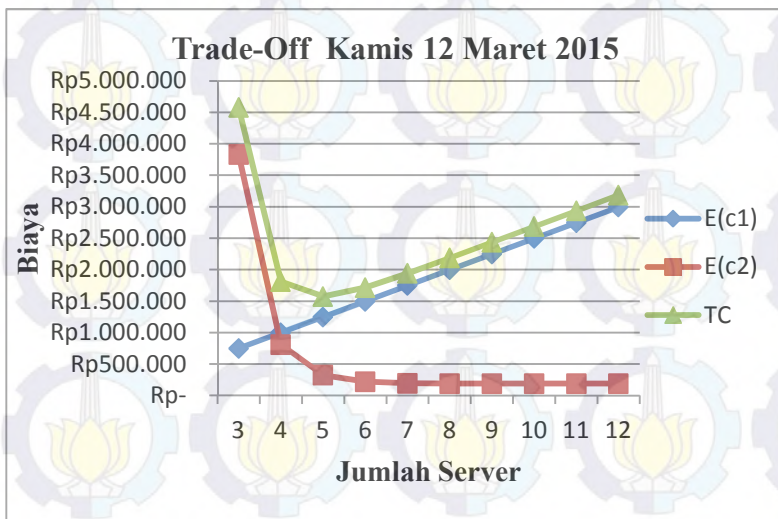
s	Lq	E(c1)	E(c2)	TC
3	0,989478	Rp 748.929	Rp 3.828.095	Rp 4.577.024
4	0,169145	Rp 998.572	Rp 810.774	Rp 1.809.346
5	0,037208	Rp1.248.215	Rp 325.490	Rp 1.573.705
6	0,008213	Rp1.497.858	Rp 218.840	Rp 1.716.698
7	0,001712	Rp1.747.501	Rp 194.931	Rp 1.942.432

Lanjutan Tabel 4.17 Biaya Total Berdasarkan Jumlah *Server* Pada Kamis 12 Maret 2015

s	Lq	E(c1)	E(c2)	TC
8	0,000331	Rp1.997.144	Rp 189.852	Rp 2.186.996
9	5,93E-05	Rp2.246.787	Rp 188.851	Rp 2.435.638
10	9,83E-06	Rp2.496.430	Rp 188.669	Rp 2.685.099
11	1,51E-06	Rp2.746.073	Rp 188.638	Rp 2.934.711
12	2,17E-07	Rp2.995.716	Rp 188.634	Rp 3.184.350

Minimal Total Cost Rp 1.573.705

Berdasarkan Tabel 4.17, biaya total minimal adalah sebesar Rp 1.573.705,00 dan terjadi ketika jumlah *server* mesin yang digunakan sebanyak lima *server* mesin, sehingga proses produksi pada hari Kamis tanggal 12 Maret 2015 dapat dikatakan optimal. Gambar 4.5 menyajikan analisa *trade-off* dalam bentuk grafik untuk hari Kamis 12 Maret 2015.



Gambar 4.5. *Trade-Off* Kamis 12 Maret 2015

Tabel 4.18 Biaya Total Berdasarkan Jumlah *Server* Pada Jum'at 13 Maret 2015

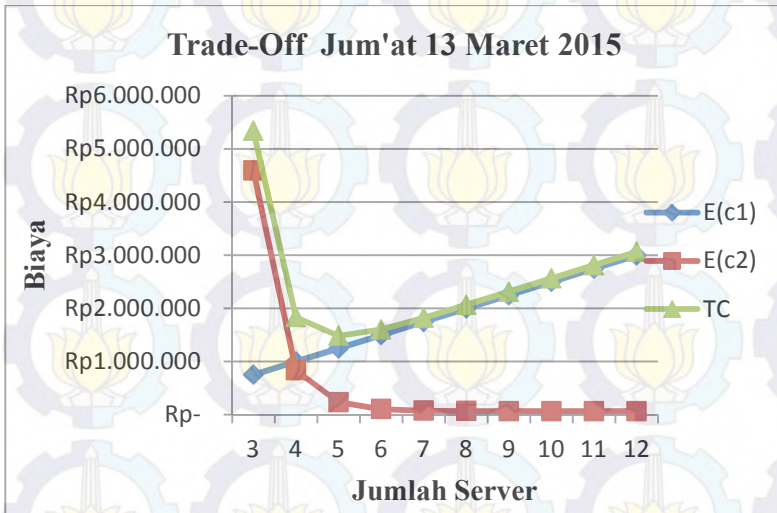
s	Lq	E(c1)	E(c2)	TC
3	1,230449	Rp 748.929	Rp 4.592.210	Rp 5.341.139
4	0,209057	Rp 998.572	Rp 835.366	Rp 1.833.938
5	0,046117	Rp1.248.215	Rp 236.046	Rp 1.484.261
6	0,010231	Rp1.497.858	Rp 104.052	Rp 1.601.910
7	0,002146	Rp1.747.501	Rp 74.314	Rp 1.821.815
8	0,000418	Rp1.997.144	Rp 67.958	Rp 2.065.102
9	7,54E-05	Rp2.246.787	Rp 66.697	Rp 2.313.484
10	1,26E-05	Rp2.496.430	Rp 66.466	Rp 2.562.896
11	1,95E-06	Rp2.746.073	Rp 66.427	Rp 2.812.500
12	2,81E-07	Rp2.995.716	Rp 66.421	Rp 3.062.137

Minimal Total Cost Rp 1.484.261

Berdasarkan Tabel 4.18, biaya total minimal adalah sebesar Rp 1.484.261,00 dan terjadi ketika jumlah *server* mesin yang digunakan sebanyak lima *server* mesin, sehingga perlu penambahan satu *server* dari jumlah *server* semula empat *server* agar minimal total biaya pemrosesan tercapai dan akan lebih mengoptimalkan pemrosesan, dan diperoleh $\rho = 0,91722$. Gambar 4.6 menyajikan analisa *trade-off* dalam bentuk grafik untuk hari Jum'at 13 Maret 2015.

Tabel 4.19 Biaya Total Berdasarkan Jumlah *Server* Pada Sabtu 14 Maret 2015

s	Lq	E(c1)	E(c2)	TC
6	1,62457	Rp1.497.858	Rp 6.095.211	Rp 7.593.069
7	0,433354	Rp1.747.501	Rp 1.713.725	Rp 3.461.226
8	0,142081	Rp1.997.144	Rp 642.373	Rp 2.639.517
9	0,048516	Rp2.246.787	Rp 298.227	Rp 2.545.014



Gambar 4.6. Trade-Off Jum'at 13 Maret 2015

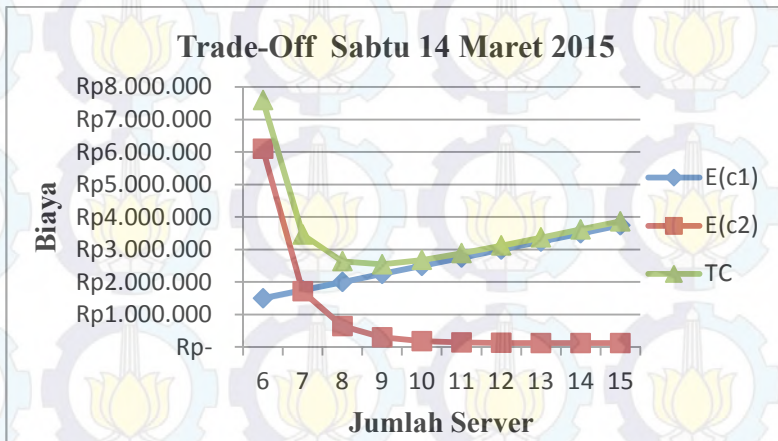
Lanjutan Tabel 4.19 Biaya Total Berdasarkan Jumlah *Server*
Pada Sabtu 14 Maret 2015

s	Lq	E(c1)	E(c2)	TC
10	0,016324	Rp2.496.430	Rp 179.820	Rp 2.676.250
11	0,005292	Rp2.746.073	Rp 139.243	Rp 2.885.316
12	0,001637	Rp2.995.716	Rp 125.799	Rp 3.121.515
13	0,000481	Rp3.245.359	Rp 121.548	Rp 3.366.907
14	0,000134	Rp3.495.002	Rp 120.272	Rp 3.615.274
15	3,56E-05	Rp3.744.645	Rp 119.908	Rp 3.864.553

Minimal Total Cost Rp 2.545.014

Berdasarkan Tabel 4.19, biaya total minimal adalah sebesar Rp 2.545.014,00 dan terjadi ketika jumlah *server* mesin yang digunakan sebanyak sembilan *server* mesin, sehingga perlu penambahan tiga *server* dari jumlah *server* semula enam *server* agar minimal total biaya pemrosesan tercapai dan akan lebih

mengoptimalkan pemrosesan, dan diperoleh $\rho = 0,04167$. Gambar 4.7 menyajikan analisa *trade-off* dalam bentuk grafik untuk hari Sabtu 14 Maret 2015.



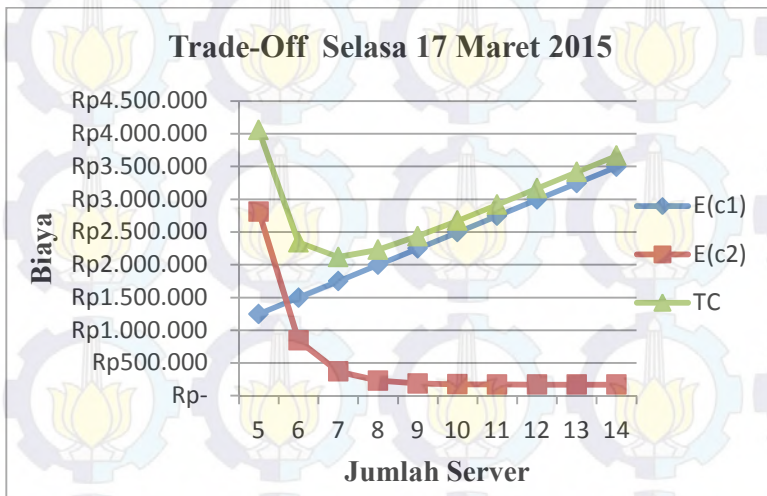
Gambar 4.7. Trade-Off Sabtu 14 Maret 2015

Tabel 4.20 Biaya Total Berdasarkan Jumlah *Server* Pada Selasa 17 Maret 2015

s	Lq	E(c1)	E(c2)	TC
5	0,717983	Rp1.248.215	Rp 2.811.041	Rp 4.059.256
6	0,183249	Rp1.497.858	Rp 844.204	Rp 2.342.062
7	0,054347	Rp1.747.501	Rp 370.079	Rp 2.117.580
8	0,016291	Rp1.997.144	Rp 230.103	Rp 2.227.247
9	0,004717	Rp2.246.787	Rp 187.531	Rp 2.434.318
10	0,001296	Rp2.496.430	Rp 174.951	Rp 2.671.381
11	0,000336	Rp2.746.073	Rp 171.419	Rp 2.917.492
12	8,21E-05	Rp2.995.716	Rp 170.485	Rp 3.166.201
13	1,89E-05	Rp3.245.359	Rp 170.252	Rp 3.415.611
14	4,1E-06	Rp3.495.002	Rp 170.198	Rp 3.665.200

Minimal Total Cost Rp 2.117.580

Berdasarkan Tabel 4.20, biaya total minimal adalah sebesar Rp 2.117.580,00 dan terjadi ketika jumlah *server* mesin yang digunakan sebanyak tujuh *server* mesin, sehingga perlu penambahan dua *server* dari jumlah *server* semula lima *server* agar minimal total biaya pemrosesan tercapai dan akan lebih mengoptimalkan pemrosesan, dan diperoleh $\rho = 0,92097$. Gambar 4.8 menyajikan analisa *trade-off* dalam bentuk grafik untuk hari Selasa 17 Maret 2015.



Gambar 4.8. *Trade-Off* Selasa 17 Maret 2015

Tabel 4.21 Biaya Total Berdasarkan Jumlah *Server* Pada Rabu 18 Maret 2015

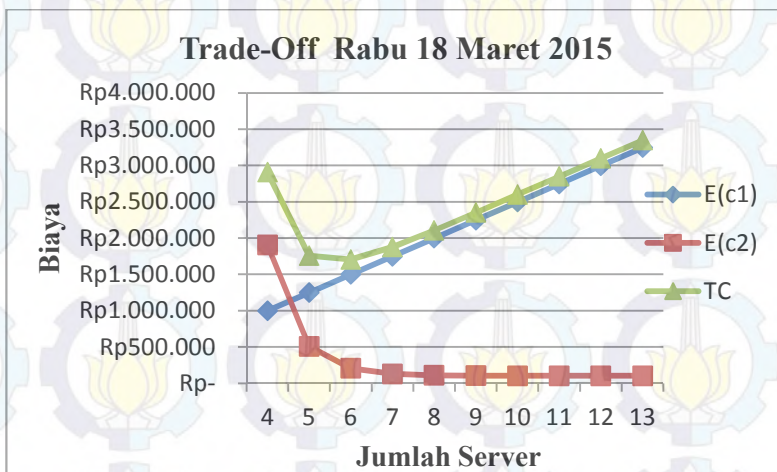
s	Lq	E(c1)	E(c2)	TC
4	0,490686	Rp 998.572	Rp 1.907.406	Rp 2.905.978
5	0,110601	Rp1.248.215	Rp 509.392	Rp 1.757.607
6	0,028147	Rp1.497.858	Rp 206.110	Rp 1.703.968
7	0,007068	Rp1.747.501	Rp 128.578	Rp 1.876.079
8	0,001682	Rp1.997.144	Rp 108.769	Rp 2.105.913

Lanjutan Tabel 4.21 Biaya Total Berdasarkan Jumlah *Server* Pada Rabu 18 Maret 2015

s	Lq	E(c1)	E(c2)	TC
9	0,000375	Rp2.246.787	Rp 103.960	Rp 2.350.747
10	7,78E-05	Rp2.496.430	Rp 102.868	Rp 2.599.298
11	1,51E-05	Rp2.746.073	Rp 102.637	Rp 2.848.710
12	2,73E-06	Rp2.995.716	Rp 102.592	Rp 3.098.308
13	4,62E-07	Rp3.245.359	Rp 102.584	Rp 3.347.943

Minimal Total Cost Rp 1.703.968

Berdasarkan Tabel 4.21, biaya total minimal adalah sebesar Rp 1.703.968,00 dan terjadi ketika jumlah *server* mesin yang digunakan sebanyak enam *server* mesin, sehingga perlu penambahan dua *server* dari jumlah *server* semula empat *server* agar minimal total biaya pemrosesan tercapai dan akan lebih mengoptimalkan pemrosesan, dan diperoleh $\rho = 0,14352$. Gambar 4.9 menyajikan analisa *trade-off* dalam bentuk grafik untuk hari Rabu 18 Maret 2015



Gambar 4.9. *Trade-Off* Rabu 18 Maret 2015

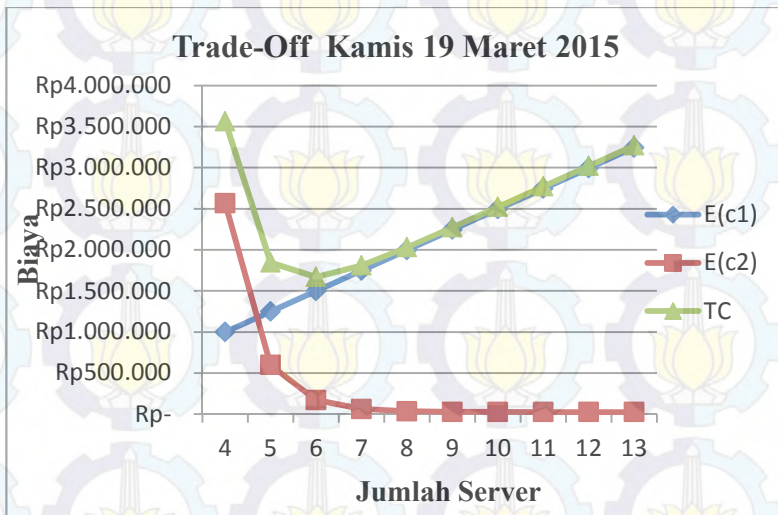
Tabel 4.22 Biaya Total Berdasarkan Jumlah *Server* Pada Kamis 19 Maret 2015

s	Lq	E(c1)	E(c2)	TC
4	0,691127	Rp 998.572	Rp 2.567.614	Rp 3.566.186
5	0,155355	Rp1.248.215	Rp 596.956	Rp 1.845.171
6	0,039679	Rp1.497.858	Rp 171.480	Rp 1.669.338
7	0,010021	Rp1.747.501	Rp 62.392	Rp 1.809.893
8	0,002401	Rp1.997.144	Rp 34.366	Rp 2.031.510
9	0,000539	Rp2.246.787	Rp 27.516	Rp 2.274.303
10	0,000113	Rp2.496.430	Rp 25.949	Rp 2.522.379
11	2,2E-05	Rp2.746.073	Rp 25.616	Rp 2.771.689
12	4,01E-06	Rp2.995.716	Rp 25.550	Rp 3.021.266
13	6,86E-07	Rp3.245.359	Rp 25.537	Rp 3.270.896
Minimal Total Cost				Rp 1.669.338

Berdasarkan Tabel 4.22, biaya total minimal adalah sebesar Rp 1.669.338,00 dan terjadi ketika jumlah *server* mesin yang digunakan sebanyak enam *server* mesin, sehingga proses produksi pada hari Kamis 19 Maret 2015 dapat dikatakan optimal. Gambar 4.10 menyajikan analisa *trade-off* dalam bentuk grafik untuk hari Kamis 19 Maret 2015

Tabel 4.23 Biaya Total Berdasarkan Jumlah *Server* Pada Jum'at 20 Maret 2015

s	Lq	E(c1)	E(c2)	TC
5	2,103284	Rp1.248.215	Rp 7.897.401	Rp 9.145.616
6	0,501212	Rp1.497.858	Rp 2.004.717	Rp 3.502.575
7	0,150112	Rp1.747.501	Rp 713.315	Rp 2.460.816
8	0,046607	Rp1.997.144	Rp 332.606	Rp 2.329.750
9	0,014136	Rp2.246.787	Rp 213.172	Rp 2.459.959
10	0,004095	Rp2.496.430	Rp 176.242	Rp 2.672.672



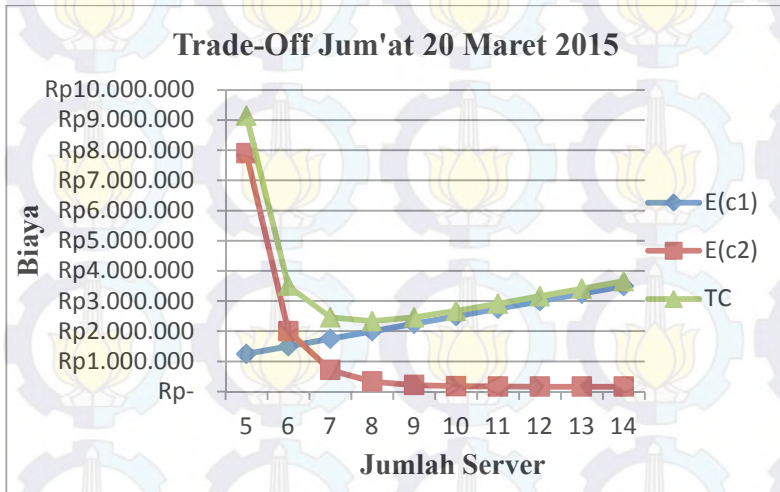
Gambar 4.10. Trade-Off Kamis 19 Maret 2015

Lanjutan Tabel 4.23 Biaya Total Berdasarkan Jumlah *Server* Pada Jum'at 20 Maret 2015

s	Lq	E(c1)	E(c2)	TC
11	0,001123	Rp2.746.073	Rp 165.311	Rp 2.911.384
12	0,000291	Rp2.995.716	Rp 162.249	Rp 3.157.965
13	7,11E-05	Rp3.245.359	Rp 161.441	Rp 3.406.800
14	1,64E-05	Rp3.495.002	Rp 161.240	Rp 3.656.242

Minimal Total Cost Rp 2.329.750

Berdasarkan Tabel 4.23, biaya total minimal adalah sebesar Rp 2.329.750,00 dan terjadi ketika jumlah *server* mesin yang digunakan sebanyak delapan *server* mesin, sehingga perlu penambahan dua *server* dari jumlah *server* semula enam *server* agar minimal total biaya pemrosesan tercapai dan akan lebih mengoptimalkan pemrosesan, dan diperoleh $\rho = 0,5994$. Gambar 4.11 menyajikan analisa *trade-off* dalam bentuk grafik untuk hari Jum'at 20 Maret 2015



Gambar 4.11 Trade-Off Jum'at 20 maret 2015

Berdasarkan analisa *trade-off*, diperoleh utilitas (tingkat kesibukan) yang optimal yang dipengaruhi oleh jumlah server yang digunakan yang ditampilkan pada Tabel 4.24 sebagai berikut.

Tabel 4.24 Utilitas (Tingkat Kesibukan) Optimal Berdasarkan Analisa *Trade-off*

Hari	s	s'	ρ	ρ'	$\rho \times 100\%$	$\rho' \times 100\%$
Senin, 9 Maret 2015	4	5	0,433	0,346	43,293	34,635
Selasa, 10 Maret 2015	5	5	0,434	0,434	43,392	43,392
Rabu, 11 Maret 2015	4	5	0,488	0,39	48,762	39,009
Kamis, 12 Maret 2015	5	5	0,389	0,389	38,881	38,881
Jum'at 13 Maret 2015	4	5	0,49	0,392	48,965	39,172
Sabtu, 14 Maret 2015	6	9	0,756	0,504	75,625	50,417
Selasa, 17 Maret 2015	5	7	0,689	0,492	68,894	49,21
Rabu, 18 Maret 2015	4	6	0,622	0,414	62,153	41,435

Lanjutan Tabel 4.24 Utilitas (Tingkat Kesibukan) Optimal
Berdasarkan Analisa *Trade-off*

Hari	s	s'	ρ	ρ'	$\rho \times 100\%$	$\rho' \times 100\%$
Kamis, 19 Maret 2015	6	6	0,418	0,418	41,784	41,784
Jum'at 20 Maret 2015	6	8	0,613	0,46	61,326	45,994
Variansi (S^2)			0,016	0,002	1,6251	0,2449
Standart Deviasi (S)			0,127	0,049	12,748	4,9492
Mean (\bar{x})			0,533	0,424	53,307	42,393
$\bar{x} - S$			0,661	0,473	66,055	47,342
$\bar{x} + S$			0,406	0,374	40,559	37,444

Keterangan:

s : jumlah server sebelum dilakukan analisa *trade-off*.

s' : jumlah server optimal berdasarkan analisa *trade-off*

ρ : utilitas (tingkat kesibukan) sebelum dilakukan analisa *trade-off*

ρ' : utilitas (tingkat kesibukan) optimal berdasarkan analisa *trade-off*

4.8 Implementasi Dalam Simulasi

Simulasi digunakan untuk menggambarkan suatu perilaku tertentu dari suatu sistem dan membandingkannya dengan hasil pemecahan secara analisis. Pada pembahasan 4.6, telah diselesaikan suatu permasalahan mengenai antrian proses produksi gulungan kertas menuju percetakan di PT. Temprina Media Grafika dan selanjutnya akan dilakukan simulasi mengenai antrian tersebut.

4.8.1 Variabel-Variabel Dalam Simulasi

Untuk mendapatkan waktu tunggu gulungan kertas, waktu proses produksi dan panjang antrian gulungan kertas terdapat beberapa variabel yang harus ditentukan terlebih dahulu. Berikut antara lain model matematik dari variabel-variabel tersebut:

1. Waktu antar kedatangan gulungan kertas
Merupakan waktu yang didapat dari fungsi pembangkit bilangan acak berdistribusi weibull, sehingga nilai dari waktu antar kedatangan didapatkan dari algoritma pembangkit bilangan acak, sebagai berikut:

$$\text{Waktu antar kedatangan} = \beta e^{\ln\left(\frac{-\ln(u)}{\alpha}\right)} \quad (4.3)$$

Dengan :

α : parameter skala dari waktu antar kedatangan

β : parameter bentuk dari waktu antar kedatangan

U : bilangan acak antara 0 sampai 1

2. Waktu kedatangan
Merupakan waktu kedatangan gulungan kertas yang didapat dari waktu antar kedatangan ditambah dengan waktu kedatangan gulungan kertas sebelumnya, sebagai berikut :

$$\text{Waktu kedatangan} = \text{waktu kedatangan sebelumnya} + \text{waktu antar kedatangan} \quad (4.4)$$

3. Waktu pemrosesan
Merupakan lama waktu yang diperlukan untuk memproses gulungan kertas yang didapat dari fungsi pembangkit bilangan acak berdistribusi weibull, sehingga nilai dari waktu pemrosesan tersebut didapatkan dari algoritma pembangkit bilangan acak, sebagai berikut :

$$\text{Waktu pemrosesan} = \beta (-\ln U)^{1/\alpha} \quad (4.5)$$

Dengan :

α : nilai parameter skala dari waktu pemrosesan

β : nilai parameter bentuk dari waktu pemrosesan

U : bilangan acak antara 0 sampai 1

4. Waktu selesai pemrosesan
Merupakan waktu berakhirnya pemrosesan terhadap gulungan kertas yang didapat dari waktu kedatangan

ditambah waktu pemrosesan dan ditambah waktu tunggu, sebagai berikut :

$$\text{Waktu selesai pemrosesan} = \text{waktu kedatangan} + \text{waktu pemrosesan} + \text{waktu tunggu} \quad (4.6)$$

5. Waktu tunggu

Merupakan waktu tunggu gulungan kertas dalam antrian yang didapat dari waktu selesai pemrosesan dikurangi waktu pemrosesan kemudian dikurangi waktu kedatangan, sebagai berikut :

$$\text{Waktu tunggu} = (\text{waktu selesai pemrosesan} - \text{waktu pemrosesan}) - \text{waktu kedatangan} \quad (4.7)$$

6. Waktu *delay*

Merupakan waktu pelayan menunggu gulungan kertas datang atau waktu menganggur pelayan untuk melakukan pemrosesan, dimana belum terdapat gulungan kertas dalam sistem atau waktu selesai pemrosesan sebelumnya lebih kecil dari waktu kedatangan gulungan kertas berikutnya. Waktu *delay* didapat dari waktu kedatangan dikurangi waktu selesai pemrosesan sebelumnya, sebagai berikut :

$$\text{Waktu } delay = \text{waktu kedatangan} - \text{waktu selesai pemrosesan sebelumnya} \quad (4.8)$$

7. Rata-rata waktu tunggu

Merupakan rata-rata waktu yang didapat dari jumlah waktu tunggu dibagi jumlah kejadian, sebagai berikut :

$$\text{Rata-rata waktu tunggu} = \frac{\sum \text{waktu tunggu}}{\text{jumlah kejadian}} \quad (4.9)$$

8. Rata-rata waktu pemrosesan

Merupakan rata-rata waktu yang didapat dari jumlah waktu pemrosesan dibagi jumlah kejadian, sebagai berikut:

$$\text{Rata-rata waktu pemrosesan} = \frac{\sum \text{waktu pemrosesan}}{\text{jumlah kejadian}} \quad (4.10)$$

9. Panjang Antrian

Merupakan rata-rata banyaknya gulungan kertas menunggu dalam antrian, dengan mengetahui tingkat kedatangan (λ), tingkat pemrosesan (μ), utilitas (kegunaan system) dan probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem dengan syarat jumlah pelayan lebih dari dua, sebagai berikut:

$$\text{Panjang antrian} = \frac{(\text{Probabilitas tidak ada pelanggan} \times (\text{tingkat kedatangan/tingkat pemrosesan})^{\text{jumlah server} \times \text{kegunaan sistem}} / \text{faktorial jumlah server} \times (1 - \text{kegunaan sistem})^2}{(4.11)}$$

10. Waktu Tunggu Dalam Sistem

Merupakan rata-rata waktu pemrosesan ditambah dengan rata rata waktu tunggu, sebagai berikut:

$$\text{Waktu tunggu dalam sistem} = \text{Rata-rata waktu pemrosesan} + \text{rata-rata waktu tunggu}$$

11. Panjang Unit Dalam Sistem

Merupakan panjang antrian ditambah tingkat kedatangan dibagi tingkat pemrosesan, sebagai berikut:

$$\text{Panjang unit dalam sistem} = \text{panjang antrian} + (\text{tingkat kedatangan/tingkat pemrosesan}) \quad (4.12)$$

4.8.2 Implementasi Perangkat Lunak

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai proses perancangan perangkat lunak simulasi dimana dalam pembuatannya menggunakan perangkat lunak Matlab R2012b 8.0.0.783, dengan menggunakan beberapa variabel sebagai berikut :

1. Waktu antar kedatangan

$$\text{InterArrivalT}(n) = \text{betha2} * \exp(\log(-1 * \log(r1(n)) / \alpha2));$$

2. Waktu Kedatangan

$$\text{ArrivalT}(n) = \text{ArrivalT}(n-1) + \text{InterArrivalT}(n);$$

3. Waktu Pelayanan

$$\text{ServiceT1}(n) = \text{betha} * ((-1 * (\log(r2(n))))^{(1/\alpha)});$$

4. Pemilihan *Server*

```

if ArrivalT(n) > ServiceEndT1(n-1)
    ServiceT1(n) = betha * ((-1 * (log(r2(n))))^(1/alpha));
    ServiceT2(n) = 0;
    ServiceT3(n) = 0;
    ServiceT4(n) = 0;
    ServiceT5(n) = 0;
    WaitingT(n) = 0;

    ServiceEndT1(n) = ArrivalT(n) + ServiceT1(n);
    ServiceEndT2(n) = ServiceEndT2(n-1);
    ServiceEndT3(n) = ServiceEndT3(n-1);
    ServiceEndT4(n) = ServiceEndT4(n-1);
    ServiceEndT5(n) = ServiceEndT5(n-1);

elseif ArrivalT(n) < ServiceEndT1(n-1) &&
ArrivalT(n) > ServiceEndT2(n-1)
    ServiceT1(n) = 0;
    ServiceT2(n) = betha * ((-1 * (log(r3(n))))^(1/alpha));
    ServiceT3(n) = 0;
    ServiceT4(n) = 0;
    ServiceT5(n) = 0;
    WaitingT(n) = 0;

    ServiceEndT1(n) = ServiceEndT1(n-1);
    ServiceEndT2(n) = ArrivalT(n) + ServiceT2(n);
    ServiceEndT3(n) = ServiceEndT3(n-1);
    ServiceEndT4(n) = ServiceEndT4(n-1);
    ServiceEndT5(n) = ServiceEndT5(n-1);
    DelayT2(n) = 0;

```

```

elseif Arrivalt(n)<ServiceEndT1(n-1) &&
Arrivalt(n)<ServiceEndT2(n-1) &&
Arrivalt(n)>ServiceEndT3(n-1)
    ServiceT1(n)=0;
    ServiceT2(n)=0;
    ServiceT3(n)=betha*((-
1*(log(r4(n))))^(1/alpha));
    ServiceT4(n)=0;
    ServiceT5(n)=0;
    WaitingT(n)=0;

ServiceEndT1(n)=ServiceEndT1(n-1);
ServiceEndT2(n)=ServiceEndT2(n-1);
ServiceEndT3(n)=Arrivalt(n)+ServiceT3(n);
ServiceEndT4(n)=ServiceEndT4(n-1);
ServiceEndT5(n)=ServiceEndT5(n-1);
    DelayT3(n)=0;

elseif Arrivalt(n)<ServiceEndT1(n-1)
&& Arrivalt(n)<ServiceEndT2(n-1) &&
Arrivalt(n)<ServiceEndT3(n-1) &&
Arrivalt(n)>ServiceEndT4(n-1)

ServiceT1(n)=0;
ServiceT2(n)=0;
ServiceT3(n)=0;
ServiceT4(n)=betha*((-1*(log(r5(n))))^(1/alpha));
ServiceT5(n)=0;
WaitingT(n)=0;

ServiceEndT1(n)=ServiceEndT1(n-1);

ServiceEndT2(n)=ServiceEndT2(n-1);

ServiceEndT3(n)=ServiceEndT3(n-1);

ServiceEndT4(n)=Arrivalt(n)+ServiceT4(n);

ServiceEndT5(n)=ServiceEndT5(n-1);
    DelayT4(n)=0;

```

```

elseif Arrivalt(n)<ServiceEndT1(n-1) &&
Arrivalt(n)<ServiceEndT2(n-1) &&
Arrivalt(n)<ServiceEndT3(n-1) &&
Arrivalt(n)<ServiceEndT4(n-1) &&
Arrivalt(n)>ServiceEndT5(n-1)
    ServiceT1(n)=0;
    ServiceT2(n)=0;
    ServiceT3(n)=0;
    ServiceT4(n)=0;
    ServiceT5(n)=betha*((-
1*(log(r6(n))))^(1/alpha));
    WaitingT(n)=0;

ServiceEndT1(n)=ServiceEndT1(n-1);
ServiceEndT2(n)=ServiceEndT2(n-1);
ServiceEndT3(n)=ServiceEndT3(n-1);
ServiceEndT4(n)=ServiceEndT4(n-1);

ServiceEndT5(n)=Arrivalt(n)+ServiceT5(n);
    DelayT5(n)=0;
    elseif Arrivalt(n)<ServiceEndT1(n-
1) && Arrivalt(n)<ServiceEndT2(n-1) &&
Arrivalt(n)<ServiceEndT3(n-1) &&
Arrivalt(n)<ServiceEndT4(n-1) &&
Arrivalt(n)<ServiceEndT5(n-1)
        if
ServiceEndT1(n)<=ServiceEndT2(n-1)

WaitingT(n)=ServiceEndT1(n-1)-Arrivalt(n);
                ServiceT1(n)=betha*((-
1*(log(r2(n))))^(1/alpha));
                ServiceT2(n)=0;
                ServiceT3(n)=0;
                ServiceT4(n)=0;
                ServiceT5(n)=0;

ServiceEndT1(n)=Arrivalt(n)+ServiceT1(n)+Waiting
T(n);
ServiceEndT2(n)=ServiceEndT2(n-1);
ServiceEndT3(n)=ServiceEndT3(n-1);
ServiceEndT4(n)=ServiceEndT4(n-1);
ServiceEndT5(n)=ServiceEndT5(n-1);

```



```

elseif ServiceEndT2(n-1) <= ServiceEndT3(n-1)

WaitingT(n) = ServiceEndT2(n-1) - ArrivalT(n);
    ServiceT1(n) = 0;
    ServiceT2(n) = betha * ((-
1 * (log(r3(n)))) ^ (1/alpha));
    ServiceT3(n) = 0;
    ServiceT4(n) = 0;
    ServiceT5(n) = 0;

ServiceEndT1(n) = ServiceEndT1(n-1);

ServiceEndT2(n) = ArrivalT(n) + ServiceT2(n) + Waitin
gT(n);

ServiceEndT3(n) = ServiceEndT3(n-1);

ServiceEndT4(n) = ServiceEndT4(n-1);

ServiceEndT5(n) = ServiceEndT5(n-1);
    elseif ServiceEndT3(n-1) <= ServiceEndT4(n-1)

WaitingT(n) = ServiceEndT3(n-1) - ArrivalT(n);
    ServiceT1(n) = 0;
    ServiceT2(n) = 0;
    ServiceT3(n) = betha * ((-
1 * log(1 - (r4(n)))) ^ (1/alpha));
    ServiceT4(n) = 0;
    ServiceT5(n) = 0;

ServiceEndT1(n) = ServiceEndT1(n-1);

ServiceEndT2(n) = ServiceEndT2(n-1);

ServiceEndT3(n) = ArrivalT(n) + ServiceT3(n) + Waitin
gT(n);

ServiceEndT4(n) = ServiceEndT4(n-1);

ServiceEndT5(n) = ServiceEndT5(n-1);

```

```

elseif ServiceEndT4(n-1) <= ServiceEndT5(n-1)

WaitingT(n) = ServiceEndT4(n-1) - ArrivalT(n);
    ServiceT1(n) = 0;
    ServiceT2(n) = 0;
    ServiceT3(n) = 0;

ServiceT4(n) = betha * ((-1 * log(1 -
(r5(n)))) ^ (1/alpha));
    ServiceT5(n) = 0;

ServiceEndT1(n) = ServiceEndT1(n-1);
ServiceEndT2(n) = ServiceEndT2(n-1);
ServiceEndT3(n) = ServiceEndT3(n-1);
ServiceEndT4(n) = ArrivalT(n) + ServiceT4(n) + WaitingT(n);
ServiceEndT5(n) = ServiceEndT5(n-1);
else

WaitingT(n) = ServiceEndT5(n-1) - ArrivalT(n);
    ServiceT1(n) = 0;
    ServiceT2(n) = 0;
    ServiceT3(n) = 0;
    ServiceT4(n) = 0;

ServiceT5(n) = betha * ((-
1 * (log(r6(n)))) ^ (1/alpha));

ServiceEndT1(n) = ServiceEndT1(n-1);
ServiceEndT2(n) = ServiceEndT2(n-1);
ServiceEndT3(n) = ServiceEndT3(n-1);
ServiceEndT4(n) = ServiceEndT4(n-1);
ServiceEndT5(n) = ArrivalT(n) + ServiceT5(n) + WaitingT(n);
    end
end

```

5. Waktu Selesai Pemrosesan

```
ServiceEndT1(n)=ArrivalT(n)+ServiceT1(n)
+WaitingT(n);
```

6. Waktu Delay

```
DelayT1(n)=ArrivalT(n)-ServiceEndT1(n-1);
```

7. Waktu Tunggu

```
WaitingT(n)=ServiceEndT1(n-1)-ArrivalT(n);
```

8. Rata-rata Waktu Tunggu

```
tunggu=sum(tabel(:,8))/size(tabel,1);
```

9. Rata Waktu Pelayanan

```
pelayanan=sum(tabel(:,4))/size(tabel,1);
```

10. Panjang Antrian

```
lq=(po*(lm^s)*util)/
```

11. Jumlah Unit Dalam Sistem

```
ls=lq+lm;
```

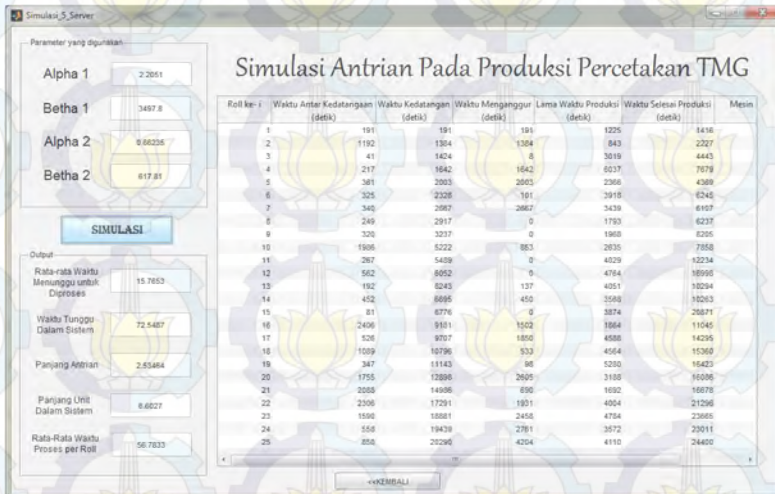
12. Waktu Tunggu Dalam Sistem

```
ws=pelayananmenit+tunggumenit;
```


4.8.3 Implementasi Antar Muka

Pada sub bab ini akan dijelaskan tampilan program yang telah dibuat menggunakan perangkat lunak Matlab R2012b (8.0.0.783) sebagai berikut:

Berdasarkan pembahasan 4.4, diperoleh parameter waktu antar kedatangan berdistribusi Weibull $\alpha = 0.6235$ dan $\beta = 617.81$ dan parameter waktu proses produksi berdistribusi Weibull $\alpha = 2.051$ dan $\beta = 3497.8$ yang digunakan sebagai input simulasi. Tampilan figure *generate* simulasi antrian proses produksi percetakan di PT. Tempirina Media Grafika.



Gambar 4.12 Figure *Generate* Simulasi Antrian Pemrosesan Gulungan Kertas

4.8.4 Perbandingan Hasil Simulasi Dengan Hasil Perhitungan Analisis

Dari percobaan sebanyak 30 kali simulasi untuk setiap jumlah *server* yaitu empat *server*, lima *server* dan enam *server* diperoleh hasil seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.24, Tabel 4.25 dan Tabel 4.26 sebagai berikut:

Tabel 4.25 Hasil Simulasi Antrian Empat *Server*

Simulasi ke-i	Lq (gulungan kertas)	L (gulungan kertas)	Wq (menit)	W (menit)
1	1,98	5,098	38,75	89,07
2	1,35	4,291	4,822	55,41
3	0,3167	2,576	0	50,88
4	0,8835	3,624	7,8	59,5533
5	0,413	2,79	4,756	42,798
6	2,3371	5.53	8,34667	56,1067
7	4,25122	7,68	39,77	87,62
8	22,18	26,02	44,3113	97,114
9	1,7066	4,75744	10,83	64,5407
10	0,925	3,68773	22,8127	73,082
11	7,43	11,0452	50,052	108,078
12	2,433	5,64143	9,77	55,514
13	0,893	3,64	14,42	65,88
14	0,685	3,30388	0,675	52,78
15	1,5635	6,027	3,24333	59,92
16	0.34715	3,3872	5,006	47,0387
17	0,577614	3,11553	20,444	63,0247
18	1,57855	4,59352	10,4087	64,452
19	2,39604	5,5979	31,3767	85,2947
20	0,809183	3,50784	13,2027	65,388
21	1,00656	3,80959	8,952	57,2653
22	0,966131	3,74959	31,9027	81,222
23	1,58539	4,60235	6,43133	57,7993
24	1,43686	4,40816	20,6893	70,2193
25	5,29636	8,80482	30,1993	80,9307

Lanjutan Tabel 4.25 Hasil Simulasi Antrian Empat *Server*

Simulasi ke-i	L_q (gulungan kertas)	L (gulungan kertas)	W_q (menit)	W (menit)
26	3,46915	6,82358	51,1847	101,753
27	7,31133	10,9203	12,0453	62,5027
28	3,91839	7,31957	7,456	56,3787
29	0,297152	2,52807	0,424667	49,0107
30	0,8922	3,63762	4,058	59,702

Keterangan:

L_q : Ekspektasi banyak gulungan kertas dalam antrian

L : Ekspektasi banyak gulungan kertas sistem

W_q : Ekspektasi waktu tunggu gulungan kertas untuk diproses

W : Ekspektasi waktu tunggu gulungan kertas dalam system

Tabel 4.26 Hasil Simulasi Antrian Lima *Server*

Simulasi ke-i	L_q (gulungan kertas)	L (gulungan kertas)	W_q (menit)	W (menit)
1	3,00009	7,196	0,3986	58,698
2	1,508	5,199	8,97	67,27
3	1,199	4,73	9,83	68,12
4	0,31	3,16	2,73	61,0267
5	0,037319	2,01314	6,91267	48,6793
6	1,70095	5,025	8,54	66,844
7	0,6094	3,8336	7,72	66,0187
8	1,0345	5,22	5,104	63,4
9	1,41	5,20828	12,26	70,5573
10	0,03661	2,00528	1,62733	37,0073
11	0,93	4,43	11,354	69,652
12	0,7012	4,17	0,159	58,4553

Lanjutan Tabel 4.26 Hasil Simulasi Antrian Lima Server

Simulasi ke-i	Lq (gulungan kertas)	L (gulungan kertas)	Wq (menit)	W (menit)
13	0,485	3,54152	7,38133	65,6787
14	0,821	4,30664	5,844	64,14
15	0,70995	4,15	5,8	64,096
16	0,042004	2,06246	0	54,3967
17	0,518369	3,72409	2,6033	60,0413
18	0,572588	3,83298	16,0887	71,7147
19	1,13648	4,77754	0,624667	50,9573
20	0,695689	4,06387	1,398	61,6207
21	0,161467	2,76274	3,94	53,104
22	0,859929	4,34605	9,478	63,9293
23	1,24068	4,93017	20,3953	63,7187
24	0,390478	3,44249	1,57533	50,1193
25	1,83536	5,73686	15,2593	73,874
26	0,115304	2,55868	0,0366	41,2313
27	0,315267	3,25372	8,15533	59,4333
28	0,77948	4,21091	24,0693	79,2033
29	0,082616	2,37798	4,482	47,638
30	0,906796	4,42247	14,6867	62,5707

Tabel 4.27 Hasil Simulasi Antrian Enam Server

Simulasi ke-i	Lq (gulungan kertas)	L (gulungan kertas)	Wq (menit)	W (menit)
1	0,399986	4,14336	1,55	46,8
2	0,0677	2,86554	2,053	47,4173
3	0,077	2.83	4,04733	54,5867

Lanjutan Tabel 4.27 Hasil Simulasi Antrian Enam Server

Simulasi ke-i	Lq (gulungan kertas)	L (gulungan kertas)	Wq (menit)	W (menit)
4	0,189	3,4244	4,63867	60,3
5	0,337	4,02844	2,4033	51,61
6	0,286	3,57	3,155	60,6987
7	0,02223	2,421	1,02	46,42
8	0,25283	3,77791	5,142	62,074
9	0,4943	4,19568	3,61	56,6547
10	0,3638	4,10545	4,8633	55,3153
11	1,1402	5	3,792	52,94
12	0,5047	4,21088	1,935	52,9493
13	1,0044	5,384	3,818	61,6653
14	0,311	4,02011	2,222	62,416
15	0,599114	4,6712	3,10733	50,702
16	0,02096	2,32567	0	41,0527
17	2,06749	6,86646	5,5133	61,6013
18	0,118	3,208	2,86	50,82
19	0,087957	3,02767	4,10467	50,42
20	0,0543	2,76275	0,34733	49,12
21	2,4569	7,35644	4,597	64,728
22	0,3749	4,12	2,57533	53,3973
23	3,61011	8,72094	6,97	61,12
24	0,15818	3,40436	2,70133	52,298
25	0,067218	2,87569	2,87933	56,802
26	0,190192	3,53816	1,664	52,8693
27	3,69533	8,82	5,35733	52,8807
28	0,097105	3,08656	0,54933	44,2847

Lanjutan Tabel 4.27 Hasil Simulasi Antrian Enam Server

Simulasi ke-i	Lq (gulungan kertas)	L (gulungan kertas)	Wq (menit)	W (menit)
29	0,8514	5,10332	3,986	58,2273
30	0,091577	3,05147	3,02	51,1327

Berdasarkan Tabel 4.24, Tabel 4.25 dan Tabel 4.26 yang dihitung secara kumulatif diperoleh ukuran pemusatan dan persebaran dari data yang diperoleh dari simulasi yang ditunjukkan pada Tabel 4.27 dan ukuran-ukuran kinerja sistem antrian yang diperoleh pada pembahasan 4.6 yang diselesaikan secara analisis pada Tabel 4.28. Untuk interval rata-rata akan dihitung menggunakan persamaan $\bar{x} - S \leq X \leq \bar{x} + S$.

Tabel 4.28 Ukuran Pemusatan Dan Persebaran Data Hasil Simulasi

	Lq	L	Wq (menit)	W (menit)
Max	7,43	11,0452	51,1847	108,078
Min	0,02096	2,00528	0	37,01
Mean (\bar{x})	1,1777	4,4463	8,808	60,3725
Variansi	2,0382	3,27553	111,902	147,3
S	1,4276	1,81	10,579	12,137
Sum	103,64	386,827	792,682	5433,52
$\bar{x} - S$	2,60533	6,25613	19,385	72,51
$\bar{x} + S$	-0,249955	2,63644	-1,771	48,236

Tabel 4.29 Ukuran-Ukuran Kinerja Sistem Antrian

s	Lq	L	Wq (jam)	Wq (menit)	W (jam)	W (menit)
4	0,108	1,84	0,043	2,59	0,74	44,15
4	0,198	2,15	0,0792	4,752	0,86	51,56

Lanjutan Tabel 4.29 Ukuran-Ukuran Kinerja Sistem Antrian

s	Lq	L	Wq (jam)	Wq (menit)	W (jam)	W (menit)
4	0,21	2,17	0,075	4,48	0,77	46,45
4	0,491	2,98	0,17	10,39	1,05	63,04
5	0,056	2,23	0,023	1,35	0,89	53,42
5	0,037	1,981	0,016	0,96	0,85	50,95
5	0,72	4,163	0,2051	12,31	1,19	71,36
6	1,62	6,1621	0,342	20,521	1,297	77,84
6	0,039	2,55	0,022	1,30	1,39	83,34
6	0,501	4,181	0,104	6,27	0,871	52,26

Mean	0,398	3,04	0,11	6,491	0,991	59,44
S	0,49	1,39	0,104	6,256	0,23	13,70
$\bar{x} - S$	0,888	4,427	0,212	12,74	1,219	73,139
$\bar{x} + S$	-0,092	1,651	0,0039	0,2349	0,7623	45,736

Berdasarkan Tabel 2.28 dan Tabel 2.27, dapat diketahui bahwa nilai rata-rata dari setiap ukuran-ukuran kinerja sistem antrian yang diperoleh secara perhitungan analisis berada didalam setiap interval rata-rata yang bersesuaian dengan ukuran- ukuran kinerja sistem dari data yang diperoleh melalui simulasi. Sehingga, dapat dikatakan bahwa simulasi yang dihasilkan cukup dapat merepresentasikan sistem yang sebenarnya dalam kaitannya adalah sistem antrian gulungan kertas pada proses percetakan di PT. Temprina Media Grafika pada waktu komersil.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan analitik, diperoleh ukuran-ukuran kinerja sistem antrian gulungan kertas pada proses produksi percetakan yakni ekspektasi banyak gulungan dalam antrian pada kisaran 0 sampai 0,89 gulungan kertas per jam, ekspektasi gulungan kertas dalam sistem pada kisaran 1,65 sampai 4,43 gulungan per jam, ekspektasi waktu tunggu gulungan kertas dalam antrian pada kisaran 14 sampai 764 detik per gulungan kertas, dan ekspektasi waktu tunggu dalam sistem pada kisaran 2744 sampai 4388 detik per gulungan kertas.
2. Berdasarkan analisa *trade-off*, jumlah optimal *server* yang beroperasi dipengaruhi oleh tingkat kedatangan dan tingkat pemrosesan gulungan kertas dengan tingkat kesibukan pada kisaran 37,4 % sampai 47,3 %.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Heizer, J. dan Render, B. 2005. *“Manajemen Operasi”*. Buku 2. Salemba Empat. Jakarta.
- [2] Siagian, P. 1987. *“Penelitian Operasional: Teori dan Praktek”*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- [3] Lasono, Eka S. 2009. *“Model Antrian Perencanaan dan Pengaturan Fasilitas Rawat Inap (Tempat Tidur) di Rumah Sakit”*. Jurusan S1 Matematika, ITS.
- [4] Lieberman, H. 2001. *“Introduction to Operation Reseach”*. Hal 834-891. Edisi ketujuh.
- [5] Gross, D dan Harris, C. M. 1998. *“Fundamental of Queueing Theory Third Edition”*. New York : John Wiley and Sons, INC.
- [6] Siswanto. 2007. *“Operations Research”*. Jilid 2. Jakarta : Erlangga.
- [7] Anderson, D.R.,Sweeney,D.J., Williams,T.A.,Camm,J.D., dan Martin K. 2012. *“Introduction to Management Science : Quantitative Approaches to Decision Making”*. South Western.
- [8] Taha, H.A. 1997. *”Riset Operasi”*. Jakarta: Binarupa.
- [9] http://sri_wiji.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/10262/modul4.doc. Diakses tanggal 8 Mei 2015.
- [10] Bain, L.Y. dan Engelhardt, M. 1992. *“Introduction To Probability And Mathematical Statistics”*. Hal 103-117. Edisi kedua.
- [11] Hoover, S. V. dan Perry, Roland F. 1989. *”Simulation: Problem-SolvingApproach”*. Addison-Wesley Publishing Comp. Inc. New York.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A : Data Hasil Pengamatan Antrian Gulungan Kertas, Biaya Listrik dan Harga Kertas Pada Proses Produksi Percetakan di PT. Temprina Media Grafika

Tabel A.1 Data Antrian Pemrosesan Gulungan Kertas Senin 9 Maret 2015

No	Waktu Datang	Mulai Proses	Server	Selesai Proses	Sisa (kg)	WAK (detik)	Durasi Pemrosesan (detik)
1	10:00:21	10:01:00	DCA3 (34)	10:30:12	-	-	1752
2	10:00:31	10:05:04	DCA4 (35)	10:59:43	-	10	3279
3	10:00:46	10:20:09	DCA3 (34)	11:30:52	-	15	4243
4	10:20:11	10:25:32	DCA2 (28)	11:15:52	-	1165	3020
5	10:36:04	10:38:41	DCA3 (29)	11:10:14	-	953	1893
6	11:10:23	11:14:56	DCA4 (35)	11:31:01	-	2059	965
7	11:20:48	13:09:11	DCA3 (29)	14:08:32	5,5	625	3561
8	11:20:56	13:09:21	DCA 2 (28)	14:08:43	5,5	8	3562
9	13:30:00	14:08:22	DCA3 (29)	14:30:32	-	-	1330
10	13:30:09	14:08:07	DCA2 (28)	14:30:19	-	9	1332

jumlah server	4
λ	2,5
μ	1,443638
ρ	0,432934
var proses	1353973
var WAK	566138,3
P0	0,173685
rata2 DP	2493,7
rata2 WAK	605,5

$$\lambda = \frac{n}{t}$$

$$\mu = \frac{n}{\left(\frac{\sum \text{durasi produksi}}{3600} \right)}$$

$$\text{var proses} = \sum_{i=1}^n \frac{(\bar{x} - x_i)^2}{n-1}$$

$$\text{var WAK} = \sum_{i=1}^n \frac{(\bar{y} - y_i)^2}{n-1}$$

Dengan:

n : jumlah gulungan kertas

t : jumlah jam pengamatan

x : data durasi Pemrosesan

y : data waktu antar kedatangan.

Tabel A.2 Data Antrian Pemrosesan Gulungan Kertas Selasa 10 Maret 2015

No	Waktu Datang	Mulai Proses	Server	Selesai Proses	Sisa (kg)	WAK (detik)	Durasi Pemrosesan (detik)
1	8:00:03	8:06:12	DCA3 (29)	8:37:01	12	-	1849
2	8:05:37	8:07:06	DCA2 (28)	8:56:09	5,5	334	2943
3	8:06:00	8:14:43	DCA3 (34)	9:29:12	4,3	23	4469
4	8:10:11	8:15:54	DCA4 (35)	9:20:54	4,3	251	3900
5	8:27:05	8:40:00	DCA3 (29)	10:15:18	-	1014	5718
6	8:27:31	9:13:23	DCA2 (28)	11:15:31	-	26	7328
7	9:05:00	9:16:00	DCA4 (30)	10:16:51	-	2249	3651
8	9:15:03	9:20:00	DCA4 (35)	9:50:01	4,3	603	1801
9	9:20:34	9:34:41	DCA3 (34)	10:22:12	30	331	2851
10	9:43:35	9:50:09	DCA4 (35)	10:21:21	4,3	1381	1872
11	10:19:00	10:54:05	DCA3 (29)	11:20:43	-	2125	1598
12	10:20:00	10:54:13	DCA4 (30)	11:20:56	-	60	1603

Lanjutan Tabel A.2 Data Antrian Pemrosesan Gulungan Kertas Selasa 10 Maret 2015

No	Waktu Datang	Mulai Proses	Server	Selesai Proses	Sisa (kg)	WAK (detik)	Durasi Pemrosesan (detik)
13	10:25:28	10:54:45	DCA1 (27)	11:20:01	-	328	1516
14	10:45:00	11:15:00	DCA2 (28)	12:15:03	5,5	1172	3603
15	13:30:00	13:54:04	DCA2 (28)	14:30:05	20	-	2161

jumlah server	5
λ	2,5
μ	1,152295
ρ	0,433917
var proses	2894766
var WAK	592335,1
P0	0,112917
rata2 DP	3124,2
rata2 WAK	761,3077

Tabel A.3 Data Antrian Pemrosesan Gulungan Kertas Rabu 11 Maret 2015

No	Waktu Datang	Mulai Proses	Server	Selesai Proses	Sisa (kg)	WAK (detik)	Durasi Pemrosesan (detik)
1	8:00:07	8:10:41	DCA4 (35)	9:13:02	5,4	-	3741
2	8:00:12	8:11:12	DCA3 (34)	9:10:48	5,3	5	3576
3	8:34:02	9:10:54	DCA3 (34)	10:13:00	5,4	2030	3726
4	8:35:12	9:13:18	DCA4 (35)	10:17:16	5,4	70	3838
5	9:53:32	10:13:45	DCA3 (34)	11:09:06	5,4	4700	3321
6	9:56:42	10:17:12	DCA4 (35)	11:13:00	5,5	190	3348
7	10:20:17	10:22:00	DCA2 (28)	11:03:08	5,5	1415	2468

Lanjutan Tabel A.3 Data Antrian Pemrosesan Gulungan Kertas Rabu 11 Maret 2015

No	Waktu Datang	Mulai Proses	Server	Selesai Proses	Sisa (kg)	WAK (detik)	Durasi Pemrosesan (detik)
8	10:37:19	11:03:05	DCA2 (28)	11:35:00	5,4	1022	1915
9	10:58:00	11:35:00	DCA2 (28)	12:15:01	5,5	1241	2401
10	13:00:01	13:10:07	DCA3 (34)	13:56:00	5,4	-	2753
11	13:00:06	13:11:00	DCA4 (35)	14:00:07	5,5	5	2947
12	13:15:13	13:56:45	DCA3 (34)	14:15:00	-	907	1095
13	13:20:03	14:00:00	DCA4 (35)	14:15:00	-	290	900
14	13:33:52	14:06:19	DCA3 (29)	14:57:25	5,4	829	3066
15	13:36:00	14:06:25	DCA4 (30)	14:57:00	5,6	128	3035

jumlah server	4	rata2 DP	2808,667
λ	2,5	rata2 WAK	987,0769
μ	1,281747		
ρ	0,487616		
var proses	836619,2		
var WAK	1648579		
P0	0,141282		

Tabel A.4 Data Antrian Pemrosesan Gulungan Kertas Kamis 12 Maret 2015

No	Waktu Datang	Mulai Proses	Server	Selesai Proses	Sisa (kg)	WAK (detik)	Durasi Pemrosesan (detik)
1	8:00:00	8:07:06	DCA4 (35)	8:55:20	5,3	-	2894
2	8:05:07	8:10:01	DCA4 (30)	9:06:18	-	307	3377
3	8:05:09	8:10:17	DCA2 (28)	9:06:03	-	2	3346
4	8:06:02	8:11:41	DCA1 (27)	9:07:05	-	53	3324
5	8:06:07	8:11:04	DCA3 (29)	9:07:07	-	5	3363

Lanjutan Tabel A.4 Data Antrian Pemrosesan Gulungan Kertas Kamis 12 Maret 2015

No	Waktu Datang	Mulai Proses	Server	Selesai Proses	Sisa (kg)	WAK (detik)	Durasi Pemrosesan (detik)
6	8:30:00	8:55:11	DCA4 (35)	9:42:01	5,4	1433	2810
7	9:07:17	9:30:01	DCA1 (27)	10:52:32	12	2237	4951
8	9:35:08	9:42:00	DCA4 (35)	10:38:00	5,5	1671	3360
9	10:23:17	10:38:43	DCA4 (35)	11:28:00	5,4	2889	2957
10	11:10:19	11:28:26	DCA4 (35)	13:20:51	17	2822	6745
11	11:20:14	13:15:00	DCA1 (27)	13:57:47	36	595	2567
12	13:30:01	13:46:03	DCA3 (29)	13:57:00	36	-	657
13	13:35:00	14:10:00	DCA1 (27)	14:24:00	-	299	840
14	13:36:05	14:10:43	DCA3 (29)	14:24:03	5,4	65	800

jumlah server	5	P0	0,142211
λ	2,333333	rata2 DP	2999,357
μ	1,200257	rata2 WAK	1031,5
ρ	0,388806		
var proses	2591656		
var WAK	1266976		

Tabel A.5 Data Antrian Pemrosesan Gulungan Kertas Jum'at 13 Maret 2015

No	Waktu Datang	Mulai Proses	Server	Selesai Proses	Sisa (kg)	WAK (detik)	Durasi Pemrosesan (detik)
1	8:15:37	8:29:27	DCA4 (35)	9:33:12	5,3	-	3825
2	8:20:21	8:39:18	DCA4 (30)	8:54:04	5,3	284	886
3	8:21:09	8:40:57	DCA1 (27)	10:04:01	-	48	4984

Lanjutan Tabel A.5 Data Antrian Pemrosesan Gulungan Kertas Jum’at 13 Maret 2015

No	Waktu Datang	Mulai Proses	Server	Selesai Proses	Sisa (kg)	WAK (detik)	Durasi Pemrosesan (detik)
4	8:22:01	8:40:59	DCA2 (28)	10:04:00	-	52	4981
5	8:48:00	9:14:00	DCA4 (30)	10:04:09	-	1559	3009
6	9:25:00	9:33:13	DCA4 (35)	10:07:00	5,3	2220	2027
7	10:01:15	10:06:41	DCA3 (29)	10:44:00	5,4	2175	2239
8	10:09:18	10:21:10	DCA4 (35)	11:00:42	-	483	2372
9	10:15:00	10:44:01	DCA3 (29)	11:00:00	-	342	959
10	13:00:00	13:07:51	DCA3 (29)	13:36:13	5,3	-	1702
11	13:20:27	13:36:18	DCA3(29)	14:26:00	5,5	1227	2982
12	13:27:00	13:37:00	DCA4 (35)	14:02:00	5,4	393	1500
13	13:39:41	14:02:39	DCA4 (35)	14:45:19	-	761	2560
14	14:20:00	14:38:31	DCA3 (29)	14:59:00	-	2419	1229

jumlah server	4
λ	2,8
μ	1,429584
ρ	0,489653
var proses	1777828
var WAK	789997,2
P0	0,136418
rata2 DP	2518,214
rata2 WAK	996,9167

Tabel A.6 Data Antrian Pemrosesan Gulungan Kertas Sabtu 14 Maret 2015

No	Waktu Datang	Mulai Proses	Server	Selesai Proses	Sisa (kg)	WAK (detik)	Durasi Pemrosesan (detik)
1	8:00:15	8:07:45	RWS1 (10)	9:33:02	5,5	-	5117
2	8:00:19	8:07:49	RWS2 (11)	10:31:00	5,3	4	8591
3	8:00:28	8:10:51	RWS6 (15)	9:33:41	5,5	9	4970
4	8:11:21	8:14:18	DCA1 (27)	8:50:10	-	653	2152
5	8:11:39	8:14:27	DCA3 (29)	8:45:00	-	18	1833
6	8:45:00	9:18:16	DCA4 (30)	10:07:00	-	2001	2924
7	8:46:31	9:18:19	DCA3 (29)	9:45:04	-	91	1605
8	8:46:54	9:18:29	DCA2 (28)	10:22:00	5,3	23	3811
9	9:20:00	9:34:00	RWS6 (15)	10:36:12	5,4	1986	3732
10	9:21:16	9:37:19	RWS1 (10)	10:36:00	5,4	76	3521
11	9:32:00	9:46:13	DCA3 (29)	10:49:00	5,5	644	3767
12	10:13:05	10:23:00	DCA2 (28)	11:48:19	-	2465	5119
13	10:25:00	10:31:00	RWS2 (11)	11:39:00	5,5	715	4080
14	10:27:51	10:36:10	RWS1 (10)	11:42:15	5,3	171	3965
15	10:29:15	10:36:00	RWS6 (15)	11:42:17	5,4	84	3977
16	10:37:00	10:49:00	DCA3 (29)	11:48:00	-	465	3540
17	10:46:07	11:39:29	RWS2 (11)	11:56:02	-	547	993
18	10:48:00	11:42:01	RWS1 (10)	11:56:16	-	113	855
19	10:49:08	11:42:52	RWS6 (15)	11:56:00	-	68	788

jumlah server

6

P0

0,008709

λ

4,75

rata2 DP

3438,947

μ

1,046832

rata2 WAK

562,9444

ρ

0,75625

var proses

3522392

var WAK

603329,8

Tabel A.7 Data Antrian Pemrosesan Gulungan Kertas Selasa 17 Maret 2015

No	Waktu Datang	Mulai Proses	Server	Selesai Proses	Sisa (kg)	WAK (detik)	Durasi Pemrosesan (detik)
1	8:07:32	8:20:12	DCA1 (27)	8:36:21	5,7	-	969
2	8:09:00	8:20:00	DCA2 (28)	10:06:16	5,1	88	6376
3	8:10:05	8:24:13	DCA4 (35)	8:45:01	5,3	65	1248
4	8:11:09	8:24:35	DCA3 (34)	8:48:01	5,1	64	1406
5	8:12:00	8:25:00	DCA4 (30)	9:37:15	5,1	51	4335
6	8:33:19	8:40:12	DCA1 (27)	10:32:37	20	1279	6745
7	8:37:00	8:45:19	DCA4 (35)	10:02:41	5,3	221	4642
8	8:38:09	8:48:00	DCA3 (34)	10:01:39	5,2	69	4419
9	9:12:11	9:37:57	DCA4 (30)	11:08:14	-	2042	5417
10	9:45:00	10:01:00	DCA3 (34)	11:04:00	5,6	1969	3780
11	9:46:47	10:02:01	DCA4 (35)	11:04:18	5,3	107	3737
12	10:00:00	10:12:06	DCA2 (28)	11:39:00	-	793	5214
13	10:19:29	10:47:21	DCA1 (27)	11:40:00	-	1169	3159
14	10:20:00	10:48:00	DCA3 (29)	11:49:05	-	31	3665
15	10:45:19	11:21:29	DCA3 (34)	11:59:03	-	1519	2254
16	10:47:00	11:21:00	DCA4 (35)	11:59:00	-	101	2280
17	11:01:11	12:15:05	RWS6 (15)	13:19:01	6,3	851	3836
18	11:30:00	12:31:00	RWS3 (12)	13:19:04	6,3	1729	2884
19	11:30:31	12:32:01	RWS5 (14)	13:19:00	6,3	31	2819
20	13:00:00	13:25:00	DCA3 (29)	14:11:01	5,7	-	2761
21	13:31:19	14:12:44	DCA3 (29)	14:53:43	23	1879	2459

jumlah
server

5

P

0,688935

P0

0,02774

λ

3,5

var
proses

2499412

rata2 DP

3543,095

μ

1,016061

var
WAK

606890

rata2
WAK

739,8947

Tabel A.8 Data Antrian Pemrosesan Gulungan Kertas Rabu 18 Maret 2015

No	Waktu Datang	Mulai Proses	Server	Selesai Proses	Sisa (kg)	WAK (detik)	Durasi Pemrosesan (detik)
1	8:15:10	8:25:00	DCA4 (35)	9:51:01	5,4	-	5161
2	8:15:34	8:26:00	DCA3 (34)	9:47:03	5,3	24	4863
3	8:25:41	8:43:00	DCA1 (27)	9:17:00	5,3	607	2040
4	8:25:56	8:43:00	DCA2 (28)	9:39:05	5,4	15	3365
5	9:08:25	9:20:00	DCA1 (27)	10:23:41	5,5	2549	3821
6	9:20:23	9:39:00	DCA2 (28)	10:48:00	5,3	718	4140
7	9:30:13	9:47:00	DCA3 (34)	10:43:00	5,6	590	3360
8	9:39:00	9:51:00	DCA4 (35)	10:49:43	5,4	527	3523
9	10:03:04	10:23:00	DCA1 (27)	11:19:17	-	1444	3377
10	10:27:00	10:43:00	DCA3 (34)	11:18:00	-	1436	2100
11	10:34:35	10:48:00	DCA2 (28)	11:21:00	-	455	1980
12	10:36:54	10:49:00	DCA4 (35)	11:20:24	-	139	1884
13	13:05:00	13:15:00	DCA4 (35)	14:31:00	5,2	-	4560
14	13:06:01	13:18:00	DCA3 (34)	14:13:01	5,1	61	3301
15	13:07:18	13:20:00	DCA3 (29)	13:56:00	5,3	77	2160
16	13:27:00	13:56:00	DCA3 (29)	14:30:00	5,1	1182	2040
17	14:15:12	14:30:00	DCA3 (29)	15:03:45	5,6	2892	2025

jumlah server

4

rata2
WAK

847,7333

λ

2,833333

rata2 DP

3158,824

μ

1,139665

ρ

0,621528

var proses

1217717

var WAK

812303,1

P0

0,074945

Tabel A.9 Data Antrian Pemrosesan Gulungan Kertas Kamis 19 Maret 2015

No	Waktu Datang	Mulai Proses	Server	Selesai Proses	Sisa (kg)	WAK (detik)	Durasi Pemrosesan (detik)
1	8:00:13	8:15:00	DCA3 (29)	10:30:01	-	-	8101
2	8:03:00	8:17:00	DCA1 (27)	10:38:32	-	167	8492
3	8:03:54	8:18:00	DCA2 (28)	10:05:00	-	54	6420
4	8:05:31	8:20:00	DCA4 (30)	9:10:00	-	97	3000
5	9:30:55	9:45:00	RWS5 (14)	12:02:57	5,1	5124	8277
6	9:31:33	9:45:00	RWS3 (12)	12:02:00	2,2	38	8220
7	10:12:00	10:38:00	DCA1 (27)	11:51:00	-	2427	4380
8	10:30:01	11:20:00	DCA3 (29)	11:52:12	-	1081	1932
9	11:45:09	13:00:00	RWS5 (14)	13:18:21	-	4508	1101
10	11:51:00	13:00:00	RWS3 (12)	13:18:00	-	351	1080
11	13:11:19	13:42:00	DCA1 (27)	14:34:29	10	-	3149

jumlah server	6
λ	1,833333
μ	0,731275
ρ	0,41784
var proses	9266025
var WAK	4062101
P0	0,08104
rata2 DP	4922,909
rata2 WAK	1538,556

Tabel A.10 Data Antrian Pemrosesan Gulungan Kertas Jum'at
20 Maret 2015

No	Waktu Datang	Mulai Proses	Server	Selesai Proses	Sisa (kg)	WAK (detik)	Durasi Pemrosesan (detik)
1	8:10:18	8:15:23	RWS1 (10)	9:04:30	5,5	-	2947
2	8:11:00	8:15:47	RWS2 (11)	9:13:01	5,4	42	3434
3	8:12:37	8:15:59	RWS6 (15)	9:04:00	5,5	97	2881
4	8:53:00	9:04:00	RWS6 (15)	9:30:40	5,5	2423	1600
5	8:54:00	9:04:21	RWS1 (10)	9:31:00	5,4	60	1599
6	9:00:51	9:13:00	RWS2 (11)	10:09:26	5,5	411	3386
7	9:23:00	9:30:16	RWS6 (15)	10:16:00	5,6	1329	2744
8	9:25:33	9:31:00	RWS1 (10)	10:17:00	5,4	153	2760
9	9:30:00	9:49:00	DCA1 (27)	10:59:19	-	267	4219
10	9:30:12	9:49:41	DCA3 (29)	10:06:00	5,1	12	979
11	9:30:45	9:49:00	DCA4 (30)	10:45:00	-	33	3360
12	9:57:41	10:09:31	RWS2 (11)	11:00:36	-	1616	3065
13	10:08:21	10:16:00	RWS6 (15)	11:00:00	-	640	2640
14	10:10:00	10:17:00	RWS1 (10)	11:00:51	-	99	2631
15	13:00:00	13:00:17	RWS1 (10)	13:28:00	5,3	-	1663
16	13:00:13	13:00:18	RWS2 (11)	14:37:12	5,1	13	5814
17	13:00:42	13:00:28	RWS6 (15)	13:24:00	5,3	29	1412
18	13:10:00	13:14:00	DCA3 (29)	13:51:00	5,3	558	2220
19	13:16:21	13:25:14	RWS6 (15)	14:49:25	5,3	381	5051
20	13:26:00	13:28:00	RWS1 (10)	14:49:08	5,5	579	4868
21	13:27:00	13:51:12	DCA3 (29)	14:47:51	10	60	3399
22	14:15:00	14:37:00	RWS2 (11)	15:01:00	-	2880	1440
23	14:20:43	14:47:41	RWS1 (10)	15:06:01	-	343	1100
24	14:23:00	14:49:00	RWS6 (15)	15:06:00	-	137	1020

Lanjutan Tabel A.10 Data Antrian Pemrosesan Gulungan
Kertas Jum'at 20 Maret 2015

jumlah server	6
λ	4,8
μ	1,304505
ρ	0,613259
var proses	1723458
var WAK	640546,3
P0	0,023853
rata2 DP	2759,667
rata2 WAK	552,8182

	6
	4,8
	1,304505
	0,613259
	1723458
	640546,3
	0,023853
	2759,667
	552,8182

Tabel A.11 Data Tingkat Kedatangan Gulungan Kertas

Hari/Tanggal	Range Waktu	Jumlah Kedatangan
Senin, 9 Maret 2015	10:00-11:00	5
	11:00-12:00	3
	13:00-14:00	2
	14:00-15:00	0
Selasa, 10 Maret 2015	8:00-9:00	6
	9:00-10:00	4
	10:00-11:00	4
	11:00-12:00	0
	13:00-14:00	1
	14:00-15:00	0
Rabu, 11 Maret 2015	8:00-9:00	4
	9:00-10:00	2
	10:00-11:00	3
	11:00-12:00	0
	13:00-14:00	6
	14:00-15:00	0
Kamis, 12 Maret 2015	8:00-9:00	6
	9:00-10:00	2
	10:00-11:00	1
	11:00-12:00	2
	13:00-14:00	3
	14:00-15:00	0
Jum'at, 13 Maret 2015	8:00-9:00	5
	9:00-10:00	1
	10:00-11:00	3
	13:00-14:00	4
	14:00-15:00	1
Sabtu, 14 Maret 2015	8:00-9:00	8
	9:00-10:00	3
	10:00-11:00	8
	11:00-12:00	0

Lanjutan Tabel A.11 Data Tingkat Kedatangan Gulungan
Kertas

Selasa, 17 Maret 2015	8:00-9:00	8
	9:00-10:00	3
	10:00-11:00	5
	11:00-12:00	3
	13:00-14:00	2
	14:00-15:00	0
Rabu, 18 Maret 2015	8:00-9:00	4
	9:00-10:00	4
	10:00-11:00	4
	11:00-12:00	0
	13:00-14:00	4
	14:00-15:00	1
Kamis, 19 Maret 2015	8:00-9:00	4
	9:00-10:00	2
	10:00-11:00	2
	11:00-12:00	2
	13:00-14:00	1
	14:00-15:00	0
Jum'at, 20 Maret 2015	8:00-9:00	5
	9:00-10:00	7
	10:00-11:00	2
	13:00-14:00	7
	14:00-15:00	3

Tabel A.12 Data Biaya Listrik dan Gaji Karyawan PT. Temprina
Media Grafika

Biaya Listrik TMG			
Bulan, Tahun	Biaya		
Januari 2013	Rp	480.000.000	
Februari 2013	Rp	340.000.000	
Maret 2013	Rp	358.587.527	
April 2013	Rp	342.862.509	
Mei 2013	Rp	367.787.289	
Juni 2013	Rp	363.630.728	
Juli 2013	Rp	324.112.509	
Agustus 2013	Rp	288.973.760	
September 2013	Rp	306.600.196	
Oktober 2013	Rp	343.727.363	
Nopember 2013	Rp	366.739.517	
Desember 2013	Rp	384.506.772	
Januari 2014	Rp	312.811.333	
Februari 2014	Rp	339.782.251	
Maret 2014	Rp	374.589.026	
April 2014	Rp	396.000.000	
Mei 2014	Rp	340.270.542	
Juni 2014	Rp	360.000.000	
Juli 2014	Rp	596.076.186	
Agustus 2014	Rp	450.000.000	
September 2014	Rp	378.000.000	
Oktober 2014	Rp	567.895.517	
Nopember 2014	Rp	495.000.000	
Desember 2014	Rp	554.413.959	
Januari 2015	Rp	540.000.000	
Februari 2015	Rp	299.184.113	

Lanjutan Tabel A.12 Data Biaya Listrik dan Gaji Karyawan PT. Temprina Media Grafika

rata-rata Biaya Listrik per bulan	Rp .	395.059.658
rata-rata Biaya Listrik perhari	Rp.	14.631.839
rata-rata Biaya Listrik Per server Per jam	Rp.	64.457
gaji per pegawai per bulan	Rp.	3.500.000
10 pegawai per bulan	Rp.	35.000.000
10 pegawai per hari	Rp.	1.296.296
10 pegawai per jam	Rp .	185.185
biaya pemrosesan tiap server per jam	Rp.	249.643

Tabel A.13 Data Harga Kertas PT. Temprina Media Grafika

Kertas TMG		
Jenis	Ukuran	Harga per Kg
CD biasa Pena	45 gr 42 cm	Rp 7.249
CD biasa	45 gr 52 cm	Rp 6.798
CD biasa	45 gr 69 cm	Rp 7.591
CD biasa pena	45 gr 69,5 cm	Rp 7.273
CD biasa	45 gr 71 cm (28")	Rp 7.463
CD biasa Pena	45 gr 76,2 cm	Rp 7.364
CD biasa pena	45 gr 79 cm	Rp 7.364
CD biasa	45 gr 81 cm	Rp 7.581
CD biasa pena	45 gr 81 cm	Rp 7.364
CD biasa	45 gr 84 cm	Rp 7.591
CD biasa Pena	45 gr 84 cm	Rp 7.364
CD biasa Pena	45 gr 86 cm	Rp 7.364
CD biasa	48,8 gr 35,56 cm	Rp 6.773

Lanjutan Tabel A.13 Data Harga Kertas PT. Temprina Media Grafika

Kertas TMG		
Jenis	Ukuran	Harga per Kg
CD biasa Pena	48,8 gr 43 cm	Rp 6.636
CD biasa	48,8 gr 69 cm	Rp 7.484
CD biasa	48,8 gr 69,5 cm	Rp 6.811
CD biasa Pena	48.8 gr 69,5 cm	Rp 6.540
HVS	100 gr 43 cm	Rp 11.051
HVS	100 gr 86 cm	Rp 9.860
HVS	58 gr 75 cm	Rp 9.906
HVS	58 gr 78 cm	Rp 10.273
HVS new Rainbow	58 gr 85 cm	Rp 8.455
HVS	58 gr 86 cm	Rp 8.364
HVS	60 gr 24,2 cm	Rp 10.068
HVS Adiprima	60 gr 73 cm	Rp 10.068
HVS	60 gr 84 cm	Rp 9.956
HVS	60 gr 86 cm	Rp 10.068
HVS	70 gr 21,5 cm	Rp 7.411
HVS Adiprima	70 gr 36,5 cm	Rp 9.636
HVS	70 gr 43 cm	Rp 7.787
HVS Adiprima	70 gr 54,75 cm	Rp 9.636
HVS Adiprima	70 gr 55 cm	Rp 9.591
HVS	70 gr 61 cm	Rp 9.434
HVS	70 gr 63 cm	Rp 7.085
HVS	70 gr 73 cm	Rp 9.477
HVS Adiprima	70 gr 73 cm	Rp 9.629
HVS	70 gr 76 cm	Rp 7.212

Lanjutan Tabel A.13 Data Harga Kertas PT. Temprina Media Grafika

Kertas TMG		
Jenis	Ukuran	Harga per Kg
HVS	70 gr 84 cm	Rp 10.911
HVS	70 gr 86 cm	Rp 9.636
HVS Adiprima	70 gr 86 cm	Rp 9.477
HVS	80 gr 43 cm	Rp 10.416
HVS Watermark	80 gr 43 cm garuda	Rp 14.000
HVS	80 gr 44 cm	Rp 8.182
HVS	80 gr 64,5 cm	Rp 9.860
HVS	80 gr 73 cm	Rp 8.455
HVS	80 gr 84 cm	Rp 10.884
HVS	80 gr 86 cm	Rp 10.268
CD SP	60 gr 40 cm	Rp 8.661
CD SP	60 gr 42 cm	Rp 8.682
CD SP	60 gr 80 cm	Rp 8.682
CD SP	60 gr 84 cm	Rp 8.682
CD SP	70 gr 76 cm	Rp 8.393

rata rata

Rp

8.856

Tabel A.14 Data Berat Gulungan Kertas

Gulungan Kertas TMG		
Merk	Ukuran	Kg
Prima	58/45	439
Super Prima	76/60	443
Pena	52/45	463
Prima Gold	91/100	154
Prima Gold	91/80	465
Prima Gold	91/58	528

rata-rata 415,3333

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B : Data Hasil Uji Kolmogorov-Smirnov

B.1 Data Hasil Uji Kolmogorov - Smirnov Untuk Distribusi Poisson Pada Data Tingkat Kedatangan Gulungan Kertas

Parameter distribusi Poisson adalah λ diperoleh dengan

cara:

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{54} \sum_{i=1}^{54} x_i \\ &= \frac{1}{54} (5 + 3 + 2 + \dots + 2 + 7 + 3) \\ &= \frac{160}{54} = 2,963\end{aligned}$$

$$F(x) = \sum_{k=0}^x \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!}$$

$$F(1) = \frac{e^{-2,963} 2,963^0}{0!} + \frac{e^{-2,963} 2,963^1}{1!} = 0,204748887$$

Keterangan:

n : Jumlah waktu (jam) pengamatan

x_i : Jumlah gulungan kertas tiap jam pengamatan

Tabel B.1 Data Hasil Uji Kolmogorov - Smirnov Untuk Data Tingkat Kedatangan Gulungan Kertas Kumulatif.

No	Data	F(x) poisson	S(x)	KS-	KS+
1	0	0,051665607	0,018518519	0,051665607	-0,03314709
2	0	0,051665607	0,037037037	0,033147088	-0,01462857
3	0	0,051665607	0,055555556	0,01462857	0,003889949
4	0	0,051665607	0,074074074	-0,003889949	0,022408467
5	0	0,051665607	0,092592593	-0,022408467	0,040926986
6	0	0,051665607	0,111111111	-0,040926986	0,059445504
7	0	0,051665607	0,12962963	-0,059445504	0,077964023
8	0	0,051665607	0,148148148	-0,077964023	0,096482541
9	0	0,051665607	0,166666667	-0,096482541	0,11500106
10	0	0,051665607	0,185185185	-0,11500106	0,133519578
11	1	0,204748887	0,203703704	0,019563701	-0,00104518
12	1	0,204748887	0,222222222	0,001045183	0,017473336
13	1	0,204748887	0,240740741	-0,017473336	0,035991854
14	1	0,204748887	0,259259259	-0,035991854	0,054510373

Lanjutan Tabel B.1 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Tingkat Kedatangan Gulungan Kertas.

15	1	0,204748887	0,277777778	-0,054510373	0,073028891
16	1	0,204748887	0,296296296	-0,073028891	0,09154741
17	2	0,43153893	0,314814815	0,135242634	-0,11672412
18	2	0,43153893	0,333333333	0,116724116	-0,0982056
19	2	0,43153893	0,351851852	0,098205597	-0,07968708
20	2	0,43153893	0,37037037	0,079687079	-0,06116856
21	2	0,43153893	0,388888889	0,06116856	-0,04265004
22	2	0,43153893	0,407407407	0,042650042	-0,02413152
23	2	0,43153893	0,425925926	0,024131523	-0,005613
24	2	0,43153893	0,444444444	0,005613005	0,012905514
25	2	0,43153893	0,462962963	-0,012905514	0,031424033
26	3	0,655529097	0,481481481	0,192566134	-0,17404762
27	3	0,655529097	0,5	0,174047616	-0,1555291
28	3	0,655529097	0,518518519	0,155529097	-0,13701058
29	3	0,655529097	0,537037037	0,137010579	-0,11849206
30	3	0,655529097	0,555555556	0,11849206	-0,09997354
31	3	0,655529097	0,574074074	0,099973542	-0,08145502
32	3	0,655529097	0,592592593	0,081455023	-0,0629365
33	3	0,655529097	0,611111111	0,062936505	-0,04441799
34	4	0,821447739	0,62962963	0,210336628	-0,19181811
35	4	0,821447739	0,648148148	0,19181811	-0,17329959
36	4	0,821447739	0,666666667	0,173299591	-0,15478107
37	4	0,821447739	0,685185185	0,154781073	-0,13626255
38	4	0,821447739	0,703703704	0,136262554	-0,11774404
39	4	0,821447739	0,722222222	0,117744036	-0,09922552
40	4	0,821447739	0,740740741	0,099225517	-0,080707
41	4	0,821447739	0,759259259	0,080706999	-0,06218848
42	4	0,821447739	0,777777778	0,06218848	-0,04366996

Lanjutan Tabel B.1 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Tingkat Kedatangan Gulungan Kertas.

43	5	0,919769898	0,796296296	0,14199212	-0,1234736
44	5	0,919769898	0,814814815	0,123473601	-0,10495508
45	5	0,919769898	0,833333333	0,104955083	-0,08643656
46	5	0,919769898	0,851851852	0,086436564	-0,06791805
47	6	0,96832405	0,87037037	0,116472198	-0,09795368
48	6	0,96832405	0,888888889	0,097953679	-0,07943516
49	6	0,96832405	0,907407407	0,079435161	-0,06091664
50	7	0,988876072	0,925925926	0,081468665	-0,06295015
51	7	0,988876072	0,944444444	0,062950146	-0,04443163
52	8	0,996487932	0,962962963	0,052043488	-0,03352497
53	8	0,996487932	0,981481481	0,033524969	-0,01500645
54	8	0,996487932	1	0,015006451	0,003512068

B.2 Data Hasil Uji Kolmogorov - Smirnov Untuk Distribusi Ekspensial Pada Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas

Parameter distribusi *Ekspensial* adalah μ diperoleh dengan cara:

$$\begin{aligned}\mu &= \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \right)^{-1} \\ &= \left(\frac{1}{160} (657 + 788 + \dots + 8591) \right)^{-1} \\ &= \left(\frac{502954}{160} \right)^{-1} = 0,000318\end{aligned}$$

$$F(x) = 1 - e^{-\frac{x}{\mu}}$$

$$F(657) = 1 - e^{-\frac{657}{0,000318}} = 0,188609$$

Tabel B.2 Data Hasil Uji Kolmogorov - Smirnov Untuk Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas Kumulatif

No	Data	F(x)	S(x)	KS-	KS+
1	657	0,188609	0,00625	0,188609	-0,182359
2	788	0,221728	0,0125	0,215478	-0,209228
3	800	0,224693	0,01875	0,212193	-0,205943
4	840	0,234496	0,025	0,215746	-0,209496
5	855	0,23814	0,03125	0,21314	-0,20689

Lanjutan Tabel B.2 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas
Kumulatif

6	886	0,245617	0,0375	0,214367	-0,208117
7	900	0,248969	0,04375	0,211469	-0,205219
8	959	0,262934	0,05	0,219184	-0,212934
9	965	0,264339	0,05625	0,214339	-0,208089
10	969	0,265275	0,0625	0,209025	-0,202775
11	979	0,267608	0,06875	0,205108	-0,198858
12	993	0,270863	0,075	0,202113	-0,195863
13	1020	0,277099	0,08125	0,202099	-0,195849
14	1080	0,290766	0,0875	0,209516	-0,203266
15	1095	0,294143	0,09375	0,206643	-0,200393
16	1100	0,295264	0,1	0,201514	-0,195264
17	1101	0,295489	0,10625	0,195489	-0,189239
18	1229	0,3236	0,1125	0,21735	-0,2111
19	1248	0,327676	0,11875	0,215176	-0,208926
20	1330	0,344987	0,125	0,226237	-0,219987
21	1332	0,345404	0,13125	0,220404	-0,214154
22	1406	0,360634	0,1375	0,229384	-0,223134
23	1412	0,361853	0,14375	0,224353	-0,218103
24	1440	0,367512	0,15	0,223762	-0,217512
25	1500	0,37947	0,15625	0,22947	-0,22322
26	1561	0,391395	0,1625	0,235145	-0,228895
27	1590	0,396984	0,16875	0,234484	-0,228234
28	1599	0,398708	0,175	0,229958	-0,223708
29	1600	0,398899	0,18125	0,223899	-0,217649
30	1605	0,399855	0,1875	0,218605	-0,212355
31	1611	0,400999	0,19375	0,213499	-0,207249
32	1663	0,410826	0,2	0,217076	-0,210826
33	1702	0,418091	0,20625	0,218091	-0,211841
34	1752	0,427274	0,2125	0,221024	-0,214774
35	1801	0,436132	0,21875	0,223632	-0,217382
36	1833	0,441843	0,225	0,223093	-0,216843

Lanjutan Tabel B.2 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas
Kumulatif

37	1849	0,444677	0,23125	0,219677	-0,213427
38	1872	0,448725	0,2375	0,217475	-0,211225
39	1884	0,450826	0,24375	0,213326	-0,207076
40	1893	0,452396	0,25	0,208646	-0,202396
41	1915	0,456215	0,25625	0,206215	-0,199965
42	1932	0,459148	0,2625	0,202898	-0,196648
43	1980	0,467344	0,26875	0,204844	-0,198594
44	2017	0,473576	0,275	0,204826	-0,198576
45	2025	0,474914	0,28125	0,199914	-0,193664
46	2040	0,477414	0,2875	0,196164	-0,189914
47	2040	0,477414	0,29375	0,189914	-0,183664
48	2100	0,487294	0,3	0,193544	-0,187294
49	2152	0,495706	0,30625	0,195706	-0,189456
50	2160	0,496988	0,3125	0,190738	-0,184488
51	2161	0,497148	0,31875	0,184648	-0,178398
52	2220	0,506498	0,325	0,187748	-0,181498
53	2239	0,509471	0,33125	0,184471	-0,178221
54	2254	0,511807	0,3375	0,180557	-0,174307
55	2280	0,515828	0,34375	0,178328	-0,172078
56	2372	0,529793	0,35	0,186043	-0,179793
57	2401	0,534111	0,35625	0,184111	-0,177861
58	2459	0,542628	0,3625	0,186378	-0,180128
59	2468	0,543936	0,36875	0,181436	-0,175186
60	2560	0,55709	0,375	0,18834	-0,18209
61	2567	0,558075	0,38125	0,183075	-0,176825
62	2631	0,566982	0,3875	0,185732	-0,179482
63	2640	0,56822	0,39375	0,18072	-0,17447
64	2744	0,582271	0,4	0,188521	-0,182271
65	2753	0,583465	0,40625	0,183465	-0,177215
66	2760	0,584392	0,4125	0,178142	-0,171892
67	2761	0,584524	0,41875	0,172024	-0,165774

Lanjutan Tabel B.2 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas
Kumulatif

68	2810	0,59095	0,425	0,1722	-0,16595
69	2819	0,59212	0,43125	0,16712	-0,16087
70	2843	0,595222	0,4375	0,163972	-0,157722
71	2851	0,596251	0,44375	0,158751	-0,152501
72	2881	0,600086	0,45	0,156336	-0,150086
73	2884	0,600467	0,45625	0,150467	-0,144217
74	2894	0,601736	0,4625	0,145486	-0,139236
75	2924	0,605519	0,46875	0,143019	-0,136769
76	2947	0,608395	0,475	0,139645	-0,133395
77	2947	0,608395	0,48125	0,133395	-0,127145
78	2957	0,609639	0,4875	0,128389	-0,122139
79	2982	0,612731	0,49375	0,125231	-0,118981
80	3000	0,614942	0,5	0,121192	-0,114942
81	3009	0,616043	0,50625	0,116043	-0,109793
82	3020	0,617384	0,5125	0,111134	-0,104884
83	3049	0,620898	0,51875	0,108398	-0,102148
84	3065	0,622823	0,525	0,104073	-0,097823
85	3066	0,622943	0,53125	0,097943	-0,091693
86	3149	0,632768	0,5375	0,101518	-0,095268
87	3159	0,633934	0,54375	0,096434	-0,090184
88	3214	0,640284	0,55	0,096534	-0,090284
89	3279	0,647645	0,55625	0,097645	-0,091395
90	3301	0,650103	0,5625	0,093853	-0,087603
91	3321	0,652322	0,56875	0,089822	-0,083572
92	3324	0,652654	0,575	0,083904	-0,077654
93	3346	0,655076	0,58125	0,080076	-0,073826
94	3348	0,655295	0,5875	0,074045	-0,067795
95	3360	0,656609	0,59375	0,069109	-0,062859
96	3360	0,656609	0,6	0,062859	-0,056609
97	3360	0,656609	0,60625	0,056609	-0,050359

Lanjutan Tabel B.2 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas
Kumulatif

98	3363	0,656936	0,6125	0,050686	-0,044436
99	3365	0,657155	0,61875	0,044655	-0,038405
100	3377	0,658461	0,625	0,039711	-0,033461
101	3377	0,658461	0,63125	0,033461	-0,027211
102	3386	0,659437	0,6375	0,028187	-0,021937
103	3399	0,660843	0,64375	0,023343	-0,017093
104	3434	0,664598	0,65	0,020848	-0,014598
105	3521	0,673754	0,65625	0,023754	-0,017504
106	3523	0,673961	0,6625	0,017711	-0,011461
107	3540	0,67572	0,66875	0,01322	-0,00697
108	3561	0,677879	0,675	0,009129	-0,002879
109	3562	0,677981	0,68125	0,002981	0,003269
110	3576	0,679412	0,6875	-0,001838	0,008088
111	3603	0,682154	0,69375	-0,005346	0,011596
112	3651	0,686971	0,7	-0,006779	0,013029
113	3665	0,688362	0,70625	-0,011638	0,017888
114	3726	0,694351	0,7125	-0,011899	0,018149
115	3732	0,694934	0,71875	-0,017566	0,023816
116	3737	0,695418	0,725	-0,023332	0,029582
117	3741	0,695806	0,73125	-0,029194	0,035444
118	3767	0,698311	0,7375	-0,032939	0,039189
119	3780	0,699557	0,74375	-0,037943	0,044193
120	3811	0,702505	0,75	-0,041245	0,047495
121	3821	0,70345	0,75625	-0,04655	0,0528
122	3825	0,703827	0,7625	-0,052423	0,058673
123	3836	0,704861	0,76875	-0,057639	0,063889
124	3838	0,705049	0,775	-0,063701	0,069951
125	3900	0,71081	0,78125	-0,06419	0,07044
126	3965	0,716728	0,7875	-0,064522	0,070772
127	3977	0,717807	0,79375	-0,069693	0,075943

Lanjutan Tabel B.2 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas
Kumulatif

128	4080	0,72690398	0,8	-0,066846	0,073096
129	4140	0,73206719	0,80625	-0,067933	0,074183
130	4219	0,73871684	0,8125	-0,067533	0,073783
131	4243	0,74070412	0,81875	-0,071796	0,078046
132	4335	0,74818298	0,825	-0,070567	0,076817
133	4380	0,75176217	0,83125	-0,073238	0,079488
134	4419	0,75482295	0,8375	-0,076427	0,082677
135	4469	0,75869189	0,84375	-0,078808	0,085058
136	4560	0,76557737	0,85	-0,078173	0,084423
137	4642	0,77161342	0,85625	-0,078387	0,084637
138	4863	0,78711863	0,8625	-0,069131	0,075381
139	4868	0,78745697	0,86875	-0,075043	0,081293
140	4951	0,79299551	0,875	-0,075754	0,082004
141	4970	0,79424294	0,88125	-0,080757	0,087007
142	4981	0,79496169	0,8875	-0,086288	0,092538
143	4984	0,79515728	0,89375	-0,092343	0,098593
144	5051	0,79947711	0,9	-0,094273	0,100523
145	5117	0,80364339	0,90625	-0,096357	0,102607
146	5119	0,80376828	0,9125	-0,102482	0,108732
147	5161	0,8063727	0,91875	-0,106127	0,112377
148	5417	0,82151648	0,925	-0,097234	0,103484
149	5718	0,83781429	0,93125	-0,087186	0,093436
150	5814	0,84269251	0,9375	-0,088557	0,094807
151	6376	0,86844583	0,94375	-0,069054	0,075304
152	6420	0,87027441	0,95	-0,073476	0,079726
153	6745	0,88301658	0,95625	-0,066983	0,073233
154	6745	0,88301658	0,9625	-0,073233	0,079483
155	7328	0,90281971	0,96875	-0,05968	0,06593
156	8101	0,92400552	0,975	-0,044744	0,050994
157	8220	0,92682862	0,98125	-0,048171	0,054421
158	8277	0,92814347	0,9875	-0,053107	0,059357
159	8492	0,93289385	0,99375	-0,054606	0,060856
160	8591	0,93497436	1	-0,058776	0,065026

B.3 Data Hasil Uji Kolmogorov - Smirnov Untuk Distribusi Gamma Pada Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas

Tabel B.3 Data Hasil Uji Kolmogorov - Smirnov Untuk Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas Kumulatif

No	Data	F(x) (gamma)	S(x)	KS-	KS+
1	2	0,016179136	0,007092	0,016179	-0,009087
2	4	0,025505367	0,014184	0,018413	-0,011321
3	5	0,029527021	0,021277	0,015343	-0,00825
4	5	0,029527021	0,028369	0,00825	-0,001158
5	5	0,029527021	0,035461	0,001158	0,005934
6	8	0,040181862	0,042553	0,004721	0,002371
7	9	0,043403879	0,049645	0,000851	0,006242
8	9	0,043403879	0,056738	-0,006242	0,013334
9	10	0,046502826	0,06383	-0,010235	0,017327
10	12	0,052392663	0,070922	-0,011437	0,018529
11	13	0,055206586	0,078014	-0,015715	0,022808
12	15	0,060615156	0,085106	-0,017399	0,024491
13	15	0,060615156	0,092199	-0,024491	0,031583
14	18	0,068270635	0,099291	-0,023928	0,03102
15	23	0,080083852	0,106383	-0,019207	0,026299
16	23	0,080083852	0,113475	-0,026299	0,033391
17	24	0,082330536	0,120567	-0,031145	0,038237
18	26	0,086724779	0,12766	-0,033843	0,040935
19	29	0,093092339	0,134752	-0,034567	0,041659
20	31	0,097203853	0,141844	-0,037548	0,04464
21	31	0,097203853	0,148936	-0,04464	0,051732
22	33	0,101218974	0,156028	-0,047717	0,054809
23	38	0,110882038	0,163121	-0,045146	0,052239
24	42	0,118274584	0,170213	-0,044846	0,051938
25	48	0,128883864	0,177305	-0,041329	0,048421
26	51	0,133998098	0,184397	-0,043307	0,050399
27	52	0,135677052	0,191489	-0,04872	0,055812
28	53	0,137343639	0,198582	-0,054146	0,061238
29	54	0,138998157	0,205674	-0,059583	0,066676
30	60	0,148686909	0,212766	-0,056987	0,064079
31	60	0,148686909	0,219858	-0,064079	0,071171
32	60	0,148686909	0,22695	-0,071171	0,078263
33	61	0,150264269	0,234043	-0,076686	0,083778

Lanjutan Tabel B.3 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas
Kumulatif

34	64	0,154936591	0,241135	-0,079106	0,086198
35	65	0,156474772	0,248227	-0,08466	0,091752
36	65	0,156474772	0,255319	-0,091752	0,098844
37	68	0,16103412	0,262411	-0,094285	0,101377
38	69	0,162536076	0,269504	-0,099875	0,106967
39	70	0,16402939	0,276596	-0,105474	0,112566
40	76	0,172816146	0,283688	-0,10378	0,110872
41	77	0,174253043	0,29078	-0,109435	0,116527
42	84	0,18410699	0,297872	-0,106673	0,113765
43	88	0,189586805	0,304965	-0,108286	0,115378
44	91	0,193629381	0,312057	-0,111335	0,118427
45	97	0,201551528	0,319149	-0,110505	0,117597
46	97	0,201551528	0,326241	-0,117597	0,12469
47	99	0,204146232	0,333333	-0,122095	0,129187
48	101	0,206718889	0,340426	-0,126614	0,133707
49	107	0,214309838	0,347518	-0,126116	0,133208
50	113	0,221720347	0,35461	-0,125797	0,13289
51	128	0,239530619	0,361702	-0,115079	0,122172
52	137	0,249772784	0,368794	-0,111929	0,119022
53	139	0,252007175	0,375887	-0,116787	0,123879
54	153	0,267253391	0,382979	-0,108633	0,115725
55	167	0,281862446	0,390071	-0,101116	0,108208
56	171	0,285928636	0,397163	-0,104142	0,111234
57	190	0,30464277	0,404255	-0,09252	0,099613
58	221	0,333274862	0,411348	-0,07098	0,078073
59	251	0,359054339	0,41844	-0,052293	0,059385
60	267	0,372123259	0,425532	-0,046316	0,053409
61	284	0,385538534	0,432624	-0,039993	0,047086
62	290	0,390163917	0,439716	-0,04246	0,049552
63	299	0,396999554	0,446809	-0,042717	0,049809
64	307	0,402975571	0,453901	-0,043833	0,050925
65	328	0,418235483	0,460993	-0,035665	0,042757
66	331	0,420366931	0,468085	-0,040626	0,047718

Lanjutan Tabel B.3 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas
Kumulatif

67	334	0,422486634	0,475177	-0,045598	0,052691
68	342	0,428082685	0,48227	-0,047095	0,054187
69	343	0,428776493	0,489362	-0,053493	0,060585
70	351	0,434282257	0,496454	-0,055079	0,062172
71	381	0,454250646	0,503546	-0,042203	0,049295
72	393	0,461953733	0,510638	-0,041592	0,048685
73	411	0,473221987	0,51773	-0,037416	0,044509
74	455	0,49941855	0,524823	-0,018312	0,025404
75	465	0,505122588	0,531915	-0,0197	0,026792
76	483	0,515171121	0,539007	-0,016744	0,023836
77	527	0,538618446	0,546099	-0,000389	0,007481
78	547	0,5487859	0,553191	0,002687	0,004406
79	558	0,554254692	0,560284	0,001063	0,006029
80	579	0,564461255	0,567376	0,004178	0,002915
81	590	0,569688791	0,574468	0,002313	0,004779
82	595	0,572038653	0,58156	-0,002429	0,009522
83	603	0,575764822	0,588652	-0,005795	0,012888
84	607	0,577612575	0,595745	-0,01104	0,018132
85	625	0,58580354	0,602837	-0,009941	0,017033
86	640	0,592478252	0,609929	-0,010359	0,017451
87	644	0,594235537	0,617021	-0,015694	0,022786
88	653	0,598155216	0,624113	-0,018866	0,025958
89	715	0,623929815	0,631206	-0,000184	0,007276
90	719	0,625522436	0,638298	-0,005683	0,012775
91	761	0,641763401	0,64539	0,003466	0,003627
92	793	0,653573418	0,652482	0,008183	-0,001091
93	829	0,66631177	0,659574	0,01383	-0,006737
94	851	0,673824854	0,666667	0,01425	-0,007158
95	907	0,692074112	0,673759	0,025407	-0,018315
96	953	0,706183519	0,680851	0,032425	-0,025332
97	1014	0,723764648	0,687943	0,042914	-0,035821
98	1022	0,725980146	0,695035	0,038037	-0,030945
99	1081	0,741711587	0,702128	0,046676	-0,039584

Lanjutan Tabel B.3 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas
Kumulatif

100	1165	0,762385999	0,70922	0,060258	-0,053166
101	1169	0,763323298	0,716312	0,054103	-0,047011
102	1172	0,764023569	0,723404	0,047712	-0,040619
103	1182	0,766341203	0,730496	0,042937	-0,035845
104	1227	0,776462302	0,737589	0,045966	-0,038874
105	1241	0,779511284	0,744681	0,041923	-0,03483
106	1279	0,787558088	0,751773	0,042877	-0,035785
107	1329	0,797657587	0,758865	0,045885	-0,038792
108	1381	0,807605887	0,765957	0,048741	-0,041648
109	1415	0,813821166	0,77305	0,047864	-0,040772
110	1433	0,817022859	0,780142	0,043973	-0,036881
111	1436	0,817550632	0,787234	0,037409	-0,030317
112	1444	0,818949958	0,794326	0,031716	-0,024624
113	1519	0,83151711	0,801418	0,037191	-0,030099
114	1559	0,837831298	0,808511	0,036413	-0,029321
115	1616	0,846392756	0,815603	0,037882	-0,03079
116	1671	0,854195313	0,822695	0,038592	-0,0315
117	1729	0,861966155	0,829787	0,039271	-0,032179
118	1879	0,880088414	0,836879	0,050301	-0,043209
119	1969	0,889735915	0,843972	0,052856	-0,045764
120	1986	0,891464268	0,851064	0,047493	-0,0404
121	2001	0,892965559	0,858156	0,041902	-0,03481
122	2030	0,89580633	0,865248	0,03765	-0,030558
123	2042	0,896958491	0,87234	0,03171	-0,024618
124	2059	0,898567815	0,879433	0,026227	-0,019135
125	2125	0,904569613	0,886525	0,025137	-0,018045
126	2175	0,908867612	0,893617	0,022343	-0,015251
127	2220	0,912562447	0,900709	0,018945	-0,011853
128	2237	0,913917157	0,907801	0,013208	-0,006116
129	2249	0,91486019	0,914894	0,007059	3,34E-05
130	2419	0,927119803	0,921986	0,012226	-0,005134
131	2423	0,927385037	0,929078	0,005399	0,001693
132	2427	0,927649267	0,93617	-0,001429	0,008521

Lanjutan Tabel B.3 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas
Kumulatif

133	2465	0,930110098	0,943262	-0,00606	0,013152
134	2549	0,935246056	0,950355	-0,008016	0,015109
135	2822	0,949397653	0,957447	-0,000957	0,008049
136	2880	0,951967779	0,964539	-0,005479	0,012571
137	2889	0,952354353	0,971631	-0,012185	0,019277
138	2892	0,952482497	0,978723	-0,019149	0,026241
139	4508	0,98857512	0,985816	0,009852	-0,00276
140	4700	0,990330312	0,992908	0,004515	0,002577
141	5124	0,993300424	1	0,000393	0,0067

B.4 Data Hasil Uji Kolmogorov - Smirnov Untuk Distribusi Weibull Pada Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas

Tabel B.4 Data Hasil Uji Kolmogorov - Smirnov Untuk Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas Kumulatif

No	Data	F(x) (weibull)	S(x)	KS-	KS+
1	2	0,022182094	0,007092199	0,022182094	-0,015089896
2	4	0,034879105	0,014184397	0,027786907	-0,020694708
3	5	0,040321215	0,021276596	0,026136818	-0,01904462
4	5	0,040321215	0,028368794	0,01904462	-0,011952421
5	5	0,040321215	0,035460993	0,011952421	-0,004860223
6	8	0,054638036	0,042553191	0,019177043	-0,012084844
7	9	0,058938034	0,04964539	0,016384842	-0,009292644
8	9	0,058938034	0,056737589	0,009292644	-0,002200445
9	10	0,063060833	0,063829787	0,006323245	0,000768954
10	12	0,070861589	0,070921986	0,007031802	6,03969E-05
11	13	0,0745723	0,078014184	0,003650315	0,003441884
12	15	0,081675307	0,085106383	0,003661122	0,003431076
13	15	0,081675307	0,092198582	-0,003431076	0,010523275
14	18	0,091663735	0,09929078	-0,000534846	0,007627045
15	23	0,1069282	0,106382979	0,007637419	-0,000545221
16	23	0,1069282	0,113475177	0,000545221	0,006546978
17	24	0,109811056	0,120567376	-0,003664121	0,01075632
18	26	0,115431108	0,127659574	-0,005136268	0,012228467

Lanjutan Tabel B.4 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas
Kumulatif

19	29	0,123531912	0,134751773	-0,004127663	0,011219861
20	31	0,128735762	0,141843972	-0,006016011	0,01310821
21	31	0,128735762	0,14893617	-0,01310821	0,020200409
22	33	0,133797481	0,156028369	-0,015138689	0,022230887
23	38	0,145898741	0,163120567	-0,010129628	0,017221826
24	42	0,155080701	0,170212766	-0,008039866	0,015132064
25	48	0,168145122	0,177304965	-0,002067644	0,009159843
26	51	0,174396033	0,184397163	-0,002908932	0,01000113
27	52	0,176441579	0,191489362	-0,007955584	0,015047783
28	53	0,178468866	0,19858156	-0,013020495	0,020112694
29	54	0,180478335	0,205673759	-0,018103225	0,025195424
30	60	0,192183455	0,212765957	-0,013490304	0,020582502
31	60	0,192183455	0,219858156	-0,020582502	0,027674701
32	60	0,192183455	0,226950355	-0,027674701	0,034766899
33	61	0,194079113	0,234042553	-0,032871241	0,03996344
34	64	0,199678048	0,241134752	-0,034364505	0,041456704
35	65	0,201516002	0,24822695	-0,03961875	0,046710949
36	65	0,201516002	0,255319149	-0,046710949	0,053803147
37	68	0,206948649	0,262411348	-0,0483705	0,055462698
38	69	0,208733319	0,269503546	-0,053678029	0,060770227
39	70	0,210505289	0,276595745	-0,058998257	0,066090456
40	76	0,220882949	0,283687943	-0,055712796	0,062804994
41	77	0,222572142	0,290780142	-0,061115801	0,068207999
42	84	0,234097476	0,29787234	-0,056682666	0,063774864
43	88	0,240462816	0,304964539	-0,057409524	0,064501723
44	91	0,245138778	0,312056738	-0,059825761	0,06691796
45	97	0,254253732	0,319148936	-0,057803006	0,064895204
46	97	0,254253732	0,326241135	-0,064895204	0,071987403
47	99	0,257225296	0,333333333	-0,069015839	0,076108038
48	101	0,260164937	0,340425532	-0,073168396	0,080260595
49	107	0,268800286	0,34751773	-0,071625246	0,078717445
50	113	0,277175596	0,354609929	-0,070342134	0,077434333
51	128	0,297087769	0,361702128	-0,05752216	0,064614359
52	137	0,308402929	0,368794326	-0,053299199	0,060391397
53	139	0,310858471	0,375886525	-0,057935855	0,065028054
54	153	0,327492137	0,382978723	-0,048394388	0,055486586
55	167	0,343235517	0,390070922	-0,039743206	0,046835405
56	171	0,347584135	0,397163121	-0,042486787	0,049578985

Lanjutan Tabel B.4 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas
Kumulatif

57	190	0,367415305	0,404255319	-0,029747815	0,036840014
58	221	0,397192424	0,411347518	-0,007062895	0,014155094
59	251	0,423443713	0,418439716	0,012096195	-0,005003997
60	267	0,436557273	0,425531915	0,018117557	-0,011025358
61	284	0,449886325	0,432624113	0,02435441	-0,017262211
62	290	0,454451526	0,439716312	0,021827413	-0,014735214
63	299	0,461170046	0,446808511	0,021453734	-0,014361535
64	307	0,467016416	0,453900709	0,020207905	-0,013115706
65	328	0,481831794	0,460992908	0,027931085	-0,020838886
66	331	0,483888349	0,468085106	0,022895441	-0,015803242
67	334	0,485930495	0,475177305	0,017845388	-0,01075319
68	342	0,49130714	0,482269504	0,016129835	-0,009037636
69	343	0,491972272	0,489361702	0,009702769	-0,00261057
70	351	0,49723903	0,496453901	0,007877328	-0,000785129
71	381	0,516172675	0,503546099	0,019718774	-0,012626575
72	393	0,523407634	0,510638298	0,019861535	-0,012769336
73	411	0,533923569	0,517730496	0,023285271	-0,016193072
74	455	0,558069748	0,524822695	0,040339252	-0,033247053
75	465	0,563272977	0,531914894	0,038450282	-0,031358083
76	483	0,572393251	0,539007092	0,040478357	-0,033386158
77	527	0,593452235	0,546099291	0,054445143	-0,047352944
78	547	0,602490169	0,553191489	0,056390878	-0,04929868
79	558	0,607328588	0,560283688	0,054137099	-0,0470449
80	579	0,616316757	0,567375887	0,056033069	-0,048940871
81	590	0,620899461	0,574468085	0,053523575	-0,046431376
82	595	0,622954933	0,581560284	0,048486848	-0,041394649
83	603	0,626208582	0,588652482	0,044648298	-0,0375561
84	607	0,62781944	0,595744681	0,039166958	-0,032074759
85	625	0,634939901	0,602836879	0,03919522	-0,032103022
86	640	0,640718028	0,609929078	0,037881148	-0,03078895
87	644	0,642235698	0,617021277	0,03230662	-0,025214421
88	653	0,645615606	0,624113475	0,028594329	-0,021502131
89	715	0,667663541	0,631205674	0,043550066	-0,036457867
90	719	0,669016086	0,638297872	0,037810412	-0,030718214
91	761	0,682746494	0,645390071	0,044448622	-0,037356423
92	793	0,692661835	0,65248227	0,047271765	-0,040179566
93	829	0,703294593	0,659574468	0,050812323	-0,043720125
94	851	0,709536636	0,666666667	0,049962168	-0,042869969

Lanjutan Tabel B.4 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas
Kumulatif

95	907	0,724613687	0,673758865	0,05794702	-0,050854822
96	953	0,736192981	0,680851064	0,062434116	-0,055341917
97	1014	0,750535322	0,687943262	0,069684258	-0,06259206
98	1022	0,752336372	0,695035461	0,06439311	-0,057300911
99	1081	0,765087922	0,70212766	0,070052461	-0,062960263
100	1165	0,781758419	0,709219858	0,07963076	-0,072538561
101	1169	0,782512148	0,716312057	0,07329229	-0,066200091
102	1172	0,783075166	0,723404255	0,06676311	-0,059670911
103	1182	0,784937921	0,730496454	0,061533665	-0,054441467
104	1227	0,793062165	0,737588652	0,062565711	-0,055473513
105	1241	0,795506572	0,744680851	0,057917919	-0,050825721
106	1279	0,801952108	0,75177305	0,057271257	-0,050179058
107	1329	0,810032446	0,758865248	0,058259397	-0,051167198
108	1381	0,817985012	0,765957447	0,059119763	-0,052027565
109	1415	0,822951863	0,773049645	0,056994416	-0,049902217
110	1433	0,825510391	0,780141844	0,052460746	-0,045368547
111	1436	0,825932156	0,787234043	0,045790312	-0,038698113
112	1444	0,827050444	0,794326241	0,039816401	-0,032724203
113	1519	0,837097706	0,80141844	0,042771464	-0,035679266
114	1559	0,842150852	0,808510638	0,040732412	-0,033640213
115	1616	0,849011389	0,815602837	0,040500751	-0,033408552
116	1671	0,85527618	0,822695035	0,039673343	-0,032581144
117	1729	0,861531112	0,829787234	0,038836077	-0,031743878
118	1879	0,876203525	0,836879433	0,046416291	-0,039324093
119	1969	0,884081632	0,843971631	0,047202199	-0,04011
120	1986	0,885499264	0,85106383	0,041527633	-0,034435434
121	2001	0,886732369	0,858156028	0,03566854	-0,028576341
122	2030	0,889070261	0,865248227	0,030914233	-0,023822034
123	2042	0,890020251	0,872340426	0,024772024	-0,017679826
124	2059	0,891348994	0,879432624	0,019008568	-0,011916369
125	2125	0,89632435	0,886524823	0,016891726	-0,009799527
126	2175	0,899908618	0,893617021	0,013383795	-0,006291597
127	2220	0,903005806	0,90070922	0,009388785	-0,002296586
128	2237	0,904145372	0,907801418	0,003436152	0,003656046
129	2249	0,904939967	0,914893617	-0,002861452	0,00995365
130	2419	0,915382184	0,921985816	0,000488567	0,006603632
131	2423	0,915610688	0,929078014	-0,006375128	0,013467327
132	2427	0,915838448	0,936170213	-0,013239567	0,020331765
133	2465	0,91796563	0,943262411	-0,018204583	0,025296782

Lanjutan Tabel B.4 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Antar Kedatangan Gulungan Kertas
Kumulatif

134	2549	0,922442711	0,95035461	-0,0208197	0,027911899
135	2822	0,935104497	0,957446809	-0,015250113	0,022342312
136	2880	0,937468232	0,964539007	-0,019978576	0,027070775
137	2889	0,93782581	0,971631206	-0,026713197	0,033805395
138	2892	0,937944465	0,978723404	-0,033686741	0,04077894
139	4508	0,976004	0,985815603	-0,002719405	0,009811603
140	4700	0,97838452	0,992907801	-0,007431083	0,014523281
141	5124	0,982752723	1	-0,010155079	0,017247277

B.5 Data Hasil Uji Kolmogorov - Smirnov Untuk Distribusi Gamma Pada Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas

Tabel B.5 Data Hasil Uji Kolmogorov - Smirnov Untuk Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas Kumulatif

No	Data	F(x)	S(x)	KS-	KS+
1	657	0,015105	0,00625	0,015105	-0,008855
2	788	0,025929	0,0125	0,019679	-0,013429
3	800	0,027096	0,01875	0,014596	-0,008346
4	840	0,031199	0,025	0,012449	-0,006199
5	855	0,032823	0,03125	0,007823	-0,001573
6	886	0,036328	0,0375	0,005078	0,001172
7	900	0,037976	0,04375	0,000476	0,005774
8	959	0,045367	0,05	0,001617	0,004633
9	965	0,046159	0,05625	-0,003841	0,010091
10	969	0,046691	0,0625	-0,009559	0,015809
11	979	0,048035	0,06875	-0,014465	0,020715
12	993	0,049951	0,075	-0,018799	0,025049
13	1020	0,053759	0,08125	-0,021241	0,027491
14	1080	0,062744	0,0875	-0,018506	0,024756
15	1095	0,065101	0,09375	-0,022399	0,028649
16	1100	0,065896	0,1	-0,027854	0,034104
17	1101	0,066056	0,10625	-0,033944	0,040194
18	1229	0,088054	0,1125	-0,018196	0,024446
19	1248	0,091574	0,11875	-0,020926	0,027176
20	1330	0,107477	0,125	-0,011273	0,017523
21	1332	0,107879	0,13125	-0,017121	0,023371
22	1406	0,123191	0,1375	-0,008059	0,014309

Lanjutan Tabel B.5 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas
Kumulatif

23	1412	0,124469	0,14375	-0,013031	0,019281
24	1440	0,130504	0,15	-0,013246	0,019496
25	1500	0,14381	0,15625	-0,00619	0,01244
26	1561	0,157825	0,1625	0,001575	0,004675
27	1590	0,164649	0,16875	0,002149	0,004101
28	1599	0,166787	0,175	-0,001963	0,008213
29	1600	0,167025	0,18125	-0,007975	0,014225
30	1605	0,168217	0,1875	-0,013033	0,019283
31	1611	0,169651	0,19375	-0,017849	0,024099
32	1663	0,182246	0,2	-0,011504	0,017754
33	1702	0,191875	0,20625	-0,008125	0,014375
34	1752	0,204429	0,2125	-0,001821	0,008071
35	1801	0,21694	0,21875	0,00444	0,00181
36	1833	0,22521	0,225	0,00646	-0,00021
37	1849	0,229373	0,23125	0,004373	0,001877
38	1872	0,235387	0,2375	0,004137	0,002113
39	1884	0,238538	0,24375	0,001038	0,005212
40	1893	0,240907	0,25	-0,002843	0,009093
41	1915	0,246719	0,25625	-0,003281	0,009531
42	1932	0,251229	0,2625	-0,005021	0,011271
43	1980	0,264041	0,26875	0,001541	0,004709
44	2017	0,273989	0,275	0,005239	0,001011
45	2025	0,276147	0,28125	0,001147	0,005103
46	2040	0,280199	0,2875	-0,001051	0,007301
47	2040	0,280199	0,29375	-0,007301	0,013551
48	2100	0,296483	0,3	0,002733	0,003517
49	2152	0,310669	0,30625	0,010669	-0,004419
50	2160	0,312857	0,3125	0,006607	-0,000357
51	2161	0,31313	0,31875	0,00063	0,00562
52	2220	0,329287	0,325	0,010537	-0,004287
53	2239	0,334497	0,33125	0,009497	-0,003247
54	2254	0,338611	0,3375	0,007361	-0,001111
55	2280	0,345743	0,34375	0,008243	-0,001993
56	2372	0,370954	0,35	0,027204	-0,020954
57	2401	0,378882	0,35625	0,028882	-0,022632
58	2459	0,394692	0,3625	0,038442	-0,032192
59	2468	0,397138	0,36875	0,034638	-0,028388
60	2560	0,422017	0,375	0,053267	-0,047017

Lanjutan Tabel B.5 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas
Kumulatif

61	2567	0,423899	0,38125	0,048899	-0,042649
62	2631	0,441019	0,3875	0,059769	-0,053519
63	2640	0,443413	0,39375	0,055913	-0,049663
64	2744	0,470813	0,4	0,077063	-0,070813
65	2753	0,473159	0,40625	0,073159	-0,066909
66	2760	0,474981	0,4125	0,068731	-0,062481
67	2761	0,475241	0,41875	0,062741	-0,056491
68	2810	0,487918	0,425	0,069168	-0,062918
69	2819	0,490231	0,43125	0,065231	-0,058981
70	2843	0,496379	0,4375	0,065129	-0,058879
71	2851	0,49842	0,44375	0,06092	-0,05467
72	2881	0,506042	0,45	0,062292	-0,056042
73	2884	0,506801	0,45625	0,056801	-0,050551
74	2894	0,509328	0,4625	0,053078	-0,046828
75	2924	0,51687	0,46875	0,05437	-0,04812
76	2947	0,522613	0,475	0,053863	-0,047613
77	2947	0,522613	0,48125	0,047613	-0,041363
78	2957	0,525099	0,4875	0,043849	-0,037599
79	2982	0,531286	0,49375	0,043786	-0,037536
80	3000	0,535714	0,5	0,041964	-0,035714
81	3009	0,53792	0,50625	0,03792	-0,03167
82	3020	0,540608	0,5125	0,034358	-0,028108
83	3049	0,547656	0,51875	0,035156	-0,028906
84	3065	0,551519	0,525	0,032769	-0,026519
85	3066	0,55176	0,53125	0,02676	-0,02051
86	3149	0,571494	0,5375	0,040244	-0,033994
87	3159	0,573837	0,54375	0,036337	-0,030087
88	3214	0,586589	0,55	0,042839	-0,036589
89	3279	0,601358	0,55625	0,051358	-0,045108
90	3301	0,606281	0,5625	0,050031	-0,043781
91	3321	0,610723	0,56875	0,048223	-0,041973
92	3324	0,611387	0,575	0,042637	-0,036387
93	3346	0,616231	0,58125	0,041231	-0,034981
94	3348	0,61667	0,5875	0,03542	-0,02917
95	3360	0,619294	0,59375	0,031794	-0,025544
96	3360	0,619294	0,6	0,025544	-0,019294
97	3360	0,619294	0,60625	0,019294	-0,013044
98	3363	0,619948	0,6125	0,013698	-0,007448

Lanjutan Tabel B.5 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas
Kumulatif

99	3365	0,620383	0,61875	0,007883	-0,001633
100	3377	0,622991	0,625	0,004241	0,002009
101	3377	0,622991	0,63125	-0,002009	0,008259
102	3386	0,624939	0,6375	-0,006311	0,012561
103	3399	0,62774	0,64375	-0,00976	0,01601
104	3434	0,635215	0,65	-0,008535	0,014785
105	3521	0,653357	0,65625	0,003357	0,002893
106	3523	0,653767	0,6625	-0,002483	0,008733
107	3540	0,657236	0,66875	-0,005264	0,011514
108	3561	0,661487	0,675	-0,007263	0,013513
109	3562	0,661689	0,68125	-0,013311	0,019561
110	3576	0,664501	0,6875	-0,016749	0,022999
111	3603	0,66988	0,69375	-0,01762	0,02387
112	3651	0,67929	0,7	-0,01446	0,02071
113	3665	0,681998	0,70625	-0,018002	0,024252
114	3726	0,693606	0,7125	-0,012644	0,018894
115	3732	0,694731	0,71875	-0,017769	0,024019
116	3737	0,695666	0,725	-0,023084	0,029334
117	3741	0,696412	0,73125	-0,028588	0,034838
118	3767	0,701232	0,7375	-0,030018	0,036268
119	3780	0,703621	0,74375	-0,033879	0,040129
120	3811	0,70926	0,75	-0,03449	0,04074
121	3821	0,711062	0,75625	-0,038938	0,045188
122	3825	0,711781	0,7625	-0,044469	0,050719
123	3836	0,713749	0,76875	-0,048751	0,055001
124	3838	0,714106	0,775	-0,054644	0,060894
125	3900	0,725004	0,78125	-0,049996	0,056246
126	3965	0,736088	0,7875	-0,045162	0,051412
127	3977	0,738096	0,79375	-0,049404	0,055654
128	4080	0,75485	0,8	-0,0389	0,04515
129	4140	0,764216	0,80625	-0,035784	0,042034
130	4219	0,776111	0,8125	-0,030139	0,036389
131	4243	0,779628	0,81875	-0,032872	0,039122
132	4335	0,792699	0,825	-0,026051	0,032301
133	4380	0,798859	0,83125	-0,026141	0,032391
134	4419	0,804075	0,8375	-0,027175	0,033425
135	4469	0,810599	0,84375	-0,026901	0,033151
136	4560	0,82201	0,85	-0,02174	0,02799

Lanjutan Tabel B.5 Data Hasil Uji Kolmogorov - Smirnov
Untuk Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas Kumulatif

137	4642	0,831794	0,85625	-0,018206	0,024456
138	4863	0,855924	0,8625	-0,000326	0,006576
139	4868	0,856434	0,86875	-0,006066	0,012316
140	4951	0,86467	0,875	-0,00408	0,01033
141	4970	0,866496	0,88125	-0,008504	0,014754
142	4981	0,867544	0,8875	-0,013706	0,019956
143	4984	0,867829	0,89375	-0,019671	0,025921
144	5051	0,874046	0,9	-0,019704	0,025954
145	5117	0,879919	0,90625	-0,020081	0,026331
146	5119	0,880093	0,9125	-0,026157	0,032407
147	5161	0,8837	0,91875	-0,0288	0,03505
148	5417	0,903683	0,925	-0,015067	0,021317
149	5718	0,923214	0,93125	-0,001786	0,008036
150	5814	0,928644	0,9375	-0,002606	0,008856
151	6376	0,953987	0,94375	0,016487	-0,010237
152	6420	0,95557	0,95	0,01182	-0,00557
153	6745	0,96578	0,95625	0,01578	-0,00953
154	6745	0,96578	0,9625	0,00953	-0,00328
155	7328	0,978809	0,96875	0,016309	-0,010059
156	8101	0,988984	0,975	0,020234	-0,013984
157	8220	0,990057	0,98125	0,015057	-0,008807
158	8277	0,990534	0,9875	0,009284	-0,003034
159	8492	0,992145	0,99375	0,004645	0,001605
160	8591	0,992794	1	-0,000956	0,007206

B.6 Data Hasil Uji Kolmogorov - Smirnov Untuk Distribusi Weibull Pada Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas

Tabel B.6 Data Hasil Uji Kolmogorov - Smirnov Untuk Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas Kumulatif

No	Data	F(x)	S(x)	KS-	KS+
1	657	0,0247267	0,00625	0,0247267	-0,018476669
2	788	0,0366957	0,0125	0,0304457	-0,024195661
3	800	0,0379154	0,01875	0,0254154	-0,019165354
4	840	0,0421301	0,025	0,0233801	-0,017130124
5	855	0,0437697	0,03125	0,0187697	-0,012519711
6	886	0,04726	0,0375	0,01601	-0,009759968
7	900	0,0488811	0,04375	0,0113811	-0,005131072
8	959	0,056018	0,05	0,012268	-0,006018039
9	965	0,0567713	0,05625	0,0067713	-0,000521346
10	969	0,0572764	0,0625	0,0010264	0,005223639
11	979	0,0585487	0,06875	-0,0039513	0,010201279
12	993	0,0603536	0,075	-0,0083964	0,014646446
13	1020	0,0639115	0,08125	-0,0110885	0,017338455
14	1080	0,0721795	0,0875	-0,0090705	0,015320484
15	1095	0,0743237	0,09375	-0,0131763	0,019426307
16	1100	0,0750452	0,1	-0,0187048	0,024954772
17	1101	0,0751899	0,10625	-0,0248101	0,031060057
18	1229	0,0948191	0,1125	-0,0114309	0,017680901
19	1248	0,0979165	0,11875	-0,0145835	0,020833476
20	1330	0,1118123	0,125	-0,0069377	0,013187667
21	1332	0,1121618	0,13125	-0,0128382	0,019088203
22	1406	0,1254357	0,1375	-0,0058143	0,012064335
23	1412	0,1265408	0,14375	-0,0109592	0,01720917
24	1440	0,1317544	0,15	-0,0119956	0,018245562
25	1500	0,1432321	0,15625	-0,0067679	0,013017861
26	1561	0,155315	0,1625	-0,000935	0,007185044
27	1590	0,1612006	0,16875	-0,0012994	0,007549429
28	1599	0,1630452	0,175	-0,0057048	0,01195479
29	1600	0,1632507	0,18125	-0,0117493	0,017999306
30	1605	0,1642797	0,1875	-0,0169703	0,023220328

Lanjutan Tabel B.6 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas
Kumulatif

31	1611	0,1655179	0,19375	-0,0219821	0,028232125
32	1663	0,176403	0,2	-0,017347	0,023597013
33	1702	0,1847432	0,20625	-0,0152568	0,021506784
34	1752	0,1956479	0,2125	-0,0106021	0,016852069
35	1801	0,2065558	0,21875	-0,0059442	0,012194169
36	1833	0,2137924	0,225	-0,0049576	0,011207573
37	1849	0,2174431	0,23125	-0,0075569	0,013806928
38	1872	0,2227277	0,2375	-0,0085223	0,014772346
39	1884	0,2255017	0,24375	-0,0119983	0,018248291
40	1893	0,2275897	0,25	-0,0161603	0,022410286
41	1915	0,2327202	0,25625	-0,0172798	0,023529811
42	1932	0,2367099	0,2625	-0,0195401	0,025790141
43	1980	0,248089	0,26875	-0,014411	0,020660969
44	2017	0,2569703	0,275	-0,0117797	0,018029667
45	2025	0,2589026	0,28125	-0,0160974	0,022347365
46	2040	0,2625369	0,2875	-0,0187131	0,024963128
47	2040	0,2625369	0,29375	-0,0249631	0,031213128
48	2100	0,2772133	0,3	-0,0165367	0,022786732
49	2152	0,2901007	0,30625	-0,0098993	0,016149258
50	2160	0,2920963	0,3125	-0,0141537	0,020403712
51	2161	0,292346	0,31875	-0,020154	0,026404037
52	2220	0,3071638	0,325	-0,0115862	0,017836233
53	2239	0,31197	0,33125	-0,01303	0,019280003
54	2254	0,3157754	0,3375	-0,0154746	0,021724593
55	2280	0,3223934	0,34375	-0,0151066	0,021356629
56	2372	0,346009	0,35	0,002259	0,003990992
57	2401	0,3535082	0,35625	0,0035082	0,002741795
58	2459	0,3685703	0,3625	0,0123203	-0,006070277
59	2468	0,3709141	0,36875	0,0084141	-0,002164108
60	2560	0,3949499	0,375	0,0261999	-0,019949882
61	2567	0,3967831	0,38125	0,0217831	-0,015533132
62	2631	0,4135609	0,3875	0,0323109	-0,026060906
63	2640	0,4159218	0,39375	0,0284218	-0,022171807
64	2744	0,4431963	0,4	0,0494463	-0,043196343
65	2753	0,445554	0,40625	0,045554	-0,039304017
66	2760	0,4473873	0,4125	0,0411373	-0,034887259
67	2761	0,4476491	0,41875	0,0351491	-0,028899113
68	2810	0,460466	0,425	0,041716	-0,035466018

Lanjutan Tabel B.6 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas
Kumulatif

69	2819	0,4628167	0,43125	0,0378167	-0,031566695
70	2843	0,4690789	0,4375	0,0378289	-0,031578925
71	2851	0,4711642	0,44375	0,0336642	-0,027414155
72	2881	0,478973	0,45	0,035223	-0,028972983
73	2884	0,4797529	0,45625	0,0297529	-0,023502867
74	2894	0,4823511	0,4625	0,0261011	-0,019851087
75	2924	0,4901321	0,46875	0,0276321	-0,021382096
76	2947	0,4960825	0,475	0,0273325	-0,021082533
77	2947	0,4960825	0,48125	0,0210825	-0,014832533
78	2957	0,4986653	0,4875	0,0174153	-0,011165312
79	2982	0,5051099	0,49375	0,0176099	-0,011359946
80	3000	0,5097386	0,5	0,0159886	-0,009738602
81	3009	0,5120491	0,50625	0,0120491	-0,005799145
82	3020	0,5148696	0,5125	0,0086196	-0,002369599
83	3049	0,5222859	0,51875	0,0097859	-0,003535863
84	3065	0,5263649	0,525	0,0076149	-0,00136495
85	3066	0,5266196	0,53125	0,0016196	0,004630417
86	3149	0,547618	0,5375	0,016368	-0,010118021
87	3159	0,5501286	0,54375	0,0126286	-0,006378645
88	3214	0,5638561	0,55	0,0201061	-0,013856101
89	3279	0,5798904	0,55625	0,0298904	-0,023640381
90	3301	0,5852677	0,5625	0,0290177	-0,02276775
91	3321	0,5901335	0,56875	0,0276335	-0,021383464
92	3324	0,5908614	0,575	0,0221114	-0,015861414
93	3346	0,5961842	0,58125	0,0211842	-0,014934232
94	3348	0,5966668	0,5875	0,0154168	-0,00916676
95	3360	0,5995571	0,59375	0,0120571	-0,005807084
96	3360	0,5995571	0,6	0,0058071	0,000442916
97	3360	0,5995571	0,60625	-0,0004429	0,006692916
98	3363	0,6002784	0,6125	-0,0059716	0,01222164
99	3365	0,6007589	0,61875	-0,0117411	0,017991081
100	3377	0,6036373	0,625	-0,0151127	0,02136266
101	3377	0,6036373	0,63125	-0,0213627	0,02761266
102	3386	0,6057906	0,6375	-0,0254594	0,031709439
103	3399	0,6088922	0,64375	-0,0286078	0,034857796
104	3434	0,6171915	0,65	-0,0265585	0,032808508
105	3521	0,6374832	0,65625	-0,0125168	0,018766845
106	3523	0,6379438	0,6625	-0,0183062	0,024556245

Lanjutan Tabel B.6 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas
Kumulatif

107	3540	0,6418479	0,66875	-0,0206521	0,026902113
108	3561	0,6466433	0,675	-0,0221067	0,028356732
109	3562	0,6468709	0,68125	-0,0281291	0,034379143
110	3576	0,6500498	0,6875	-0,0312002	0,037450224
111	3603	0,6561415	0,69375	-0,0313585	0,037608503
112	3651	0,6668417	0,7	-0,0269083	0,033158299
113	3665	0,6699308	0,70625	-0,0300692	0,036319224
114	3726	0,6832186	0,7125	-0,0230314	0,029281428
115	3732	0,6845103	0,71875	-0,0279897	0,034239745
116	3737	0,6855845	0,725	-0,0331655	0,039415463
117	3741	0,6864426	0,73125	-0,0385574	0,044807429
118	3767	0,6919895	0,7375	-0,0392605	0,045510538
119	3780	0,6947431	0,74375	-0,0427569	0,049006936
120	3811	0,7012554	0,75	-0,0424946	0,048744608
121	3821	0,7033398	0,75625	-0,0466602	0,0529102
122	3825	0,7041713	0,7625	-0,0520787	0,058328682
123	3836	0,7064514	0,76875	-0,0560486	0,062298649
124	3838	0,7068649	0,775	-0,0618851	0,068135146
125	3900	0,7195219	0,78125	-0,0554781	0,06172809
126	3965	0,7324504	0,7875	-0,0487996	0,0550496
127	3977	0,7347985	0,79375	-0,0527015	0,058951519
128	4080	0,7544488	0,8	-0,0393012	0,045551153
129	4140	0,7654745	0,80625	-0,0345255	0,040775528
130	4219	0,7795125	0,8125	-0,0267375	0,032987453
131	4243	0,7836688	0,81875	-0,0288312	0,0350812
132	4335	0,7991307	0,825	-0,0196193	0,025869261
133	4380	0,8064215	0,83125	-0,0185785	0,024828481
134	4419	0,8125956	0,8375	-0,0186544	0,02490438
135	4469	0,8203151	0,84375	-0,0171849	0,023434923
136	4560	0,8338016	0,85	-0,0099484	0,016198439
137	4642	0,8453368	0,85625	-0,0046632	0,010913238
138	4863	0,8735735	0,8625	0,0173235	-0,0110735
139	4868	0,8741653	0,86875	0,0116653	-0,00541527
140	4951	0,8836926	0,875	0,0149426	-0,008692584
141	4970	0,8857958	0,88125	0,0107958	-0,004545821
142	4981	0,8870004	0,8875	0,0057504	0,000499593
143	4984	0,8873273	0,89375	-0,0001727	0,006422727
144	5051	0,8944438	0,9	0,0006938	0,005556214

Lanjutan Tabel B.6 Data Hasil Uji Kolmogorov – Smirnov
Untuk Data Waktu Pemrosesan Gulungan Kertas
Kumulatif

145	5117	0,9011162	0,90625	0,0011162	0,005133835
146	5119	0,9013132	0,9125	-0,0049368	0,01118679
147	5161	0,9053822	0,91875	-0,0071178	0,013367813
148	5417	0,9274551	0,925	0,0087051	-0,002455115
149	5718	0,9479636	0,93125	0,0229636	-0,016713601
150	5814	0,9534091	0,9375	0,0221591	-0,015909053
151	6376	0,9766758	0,94375	0,0391758	-0,032925783
152	6420	0,9779775	0,95	0,0342275	-0,027977508
153	6745	0,9858022	0,95625	0,0358022	-0,029552215
154	6745	0,9858022	0,9625	0,0295522	-0,023302215
155	7328	0,9939523	0,96875	0,0314523	-0,025202278
156	8101	0,9982918	0,975	0,0295418	-0,023291775
157	8220	0,9986129	0,98125	0,0236129	-0,0173629
158	8277	0,9987462	0,9875	0,0174962	-0,011246208
159	8492	0,99915	0,99375	0,01165	-0,005400019
160	8591	0,9992922	1	0,0055422	0,000707813

LAMPIRAN C : *Source Code Program Simulasi*

```
% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
alpha=str2double(get(handles.Alpha1,'String'));
betha=str2double(get(handles.Betha1,'String'));
alpha2=str2double(get(handles.Alpha2,'String'));
betha2=str2double(get(handles.Betha2,'String'));
InterArrivalT=zeros(1,125);%inter arrival time
ArrivalT=zeros(1,125);%arrival time
WaitingT=zeros(1,125);%waiting time
ServiceEndT1=zeros(1,40);%service end time1
ServiceT2=zeros(1,40);%servis time 2
ServiceEndT2=zeros(1,40);%service end time2
ServiceT3=zeros(1,40);%servis time3
ServiceEndT3=zeros(1,40);%service end time3
ServiceT4=zeros(1,40);%servis time4
ServiceEndT4=zeros(1,40);%service end time4
DelayT1=zeros(1,40);%lenght service time1
DelayT2=zeros(1,40);%lenght service time2
DelayT3=zeros(1,40);%lenght service time3
DelayT4=zeros(1,40);%lenght service time4
lq=0;
    while lq<=0
        for n=2:1:26
            r1(n)=rand();
            r2(n)=rand();
            r3(n)=rand();
            r4(n)=rand();
            r5(n)=rand();
            %1. waktu kedatangan
            InterArrivalT(n)= betha2*exp(log (-
1*log(r1(n)))/alpha2));;
            ArrivalT(n)= ArrivalT(n-1)+InterArrivalT(n);

            %2. pilih server
            if ArrivalT(n)>ServiceEndT1(n-1)
                ServiceT1(n)=betha*((-1*log(1-
(r2(n))))^(1/alpha));
                ServiceT2(n)=0;
                ServiceT3(n)=0;
                ServiceT4(n)=0;
                WaitingT(n)=0;
                ServiceEndT1(n)=ArrivalT(n)+ServiceT1(n);
```

```

ServiceEndT2(n)=ServiceEndT2(n-1);
ServiceEndT3(n)=ServiceEndT3(n-1);
ServiceEndT4(n)=ServiceEndT4(n-1);
elseif Arrivalt(n)<ServiceEndT1(n-1) &&
Arrivalt(n)>ServiceEndT2(n-1)
ServiceT1(n)=0;
ServiceT2(n)=betha*((-1*log(1-
(r3(n))))^(1/alpha));
ServiceT3(n)=0;
ServiceT4(n)=0;
WaitingT(n)=0;
ServiceEndT1(n)=ServiceEndT1(n-1);
ServiceEndT2(n)=Arrivalt(n)+ServiceT2(n);
ServiceEndT3(n)=ServiceEndT3(n-1);
ServiceEndT4(n)=ServiceEndT4(n-1);
DelayT2(n)=0;
elseif Arrivalt(n)<ServiceEndT1(n-1) &&
Arrivalt(n)<ServiceEndT2(n-1) &&
Arrivalt(n)>ServiceEndT3(n-1)
ServiceT1(n)=0;
ServiceT2(n)=0;
ServiceT3(n)=betha*((-1*log(1-
(r4(n))))^(1/alpha));
ServiceT4(n)=0;
WaitingT(n)=0;
ServiceEndT1(n)=ServiceEndT1(n-1);
ServiceEndT2(n)=ServiceEndT2(n-1);
ServiceEndT3(n)=Arrivalt(n)+ServiceT3(n);
ServiceEndT4(n)=ServiceEndT4(n-1);
DelayT3(n)=0;
elseif Arrivalt(n)<ServiceEndT1(n-1) &&
Arrivalt(n)<ServiceEndT2(n-1) &&
Arrivalt(n)<ServiceEndT3(n-1) &&
Arrivalt(n)>ServiceEndT4(n-1)
ServiceT1(n)=0;
ServiceT2(n)=0;
ServiceT3(n)=0;
ServiceT4(n)=betha*((-1*log(1-
(r5(n))))^(1/alpha));
WaitingT(n)=0;
ServiceEndT1(n)=ServiceEndT1(n-1);
ServiceEndT2(n)=ServiceEndT2(n-1);
ServiceEndT3(n)=ServiceEndT3(n-1);
ServiceEndT4(n)=Arrivalt(n)+ServiceT4(n);
DelayT4(n)=0;
elseif Arrivalt(n)<ServiceEndT1(n-1) &&
Arrivalt(n)<ServiceEndT2(n-1) &&
Arrivalt(n)<ServiceEndT3(n-1) &&
Arrivalt(n)<ServiceEndT4(n-1)
if ServiceEndT1(n)<=ServiceEndT2(n-1)

```

```

WaitingT(n)=ServiceEndT1(n-1)-
ArrivalT(n);
    ServiceT1(n)=betha*((-1*log(1-
(r2(n))))^(1/alpha));
    ServiceT2(n)=0;
    ServiceT3(n)=0;
    ServiceT4(n)=0;

ServiceEndT1(n)=ArrivalT(n)+ServiceT1(n)+WaitingT(n);
ServiceEndT2(n)=ServiceEndT2(n-1);
ServiceEndT3(n)=ServiceEndT3(n-1);
ServiceEndT4(n)=ServiceEndT4(n-1);
elseif ServiceEndT2(n-1)<=ServiceEndT3(n-1)
    WaitingT(n)=ServiceEndT2(n-1)-
ArrivalT(n);
    ServiceT1(n)=0;
    ServiceT2(n)=betha*((-1*log(1-
(r3(n))))^(1/alpha));
    ServiceT3(n)=0;
    ServiceT4(n)=0;
    ServiceEndT1(n)=ServiceEndT1(n-1);

ServiceEndT2(n)=ArrivalT(n)+ServiceT2(n)+WaitingT(n);
ServiceEndT3(n)=ServiceEndT3(n-1);
ServiceEndT4(n)=ServiceEndT4(n-1);
elseif ServiceEndT3(n-1)<=ServiceEndT4(n-1)
    WaitingT(n)=ServiceEndT3(n-1)-
ArrivalT(n);
    ServiceT1(n)=0;
    ServiceT2(n)=0;
    ServiceT3(n)=betha*((-1*log(1-
(r4(n))))^(1/alpha));
    ServiceT4(n)=0;
    ServiceEndT1(n)=ServiceEndT1(n-1);
    ServiceEndT2(n)=ServiceEndT2(n-1);

ServiceEndT3(n)=ArrivalT(n)+ServiceT3(n)+WaitingT(n);
ServiceEndT4(n)=ServiceEndT4(n-1);
else
    WaitingT(n)=ServiceEndT4(n-1)-
ArrivalT(n);
    ServiceT1(n)=0;
    ServiceT2(n)=0;
    ServiceT3(n)=0;
    ServiceT4(n)=betha*((-1*log(1-
(r5(n))))^(1/alpha));
    ServiceEndT1(n)=ServiceEndT1(n-1);
    ServiceEndT2(n)=ServiceEndT2(n-1);
    ServiceEndT3(n)=ServiceEndT3(n-1);

```



```

ServiceEndT4(n)=ArrivalT(n)+ServiceT4(n)+WaitingT(n);
    end
end

if ArrivalT(n)>ServiceEndT1(n-1)
    DelayT1(n)=ArrivalT(n)-ServiceEndT1(n-1);
else
    DelayT1(n)=0;
end
if ArrivalT(n)>ServiceEndT2(n-1)
    DelayT2(n)=ArrivalT(n)-ServiceEndT2(n-1);
else
    DelayT2(n)=0;
end
if ArrivalT(n)>ServiceEndT3(n-1)
    DelayT3(n)=ArrivalT(n)-ServiceEndT3(n-1);
else
    DelayT3(n)=0;
end
if ArrivalT(n)>ServiceEndT4(n-1)
    DelayT4(n)=ArrivalT(n)-ServiceEndT4(n-1);
else
    DelayT4(n)=0;
end

Tampil(n-1,1)=n-1;
Tampil(n-1,2)=round(InterArrivalT(n));
Tampil(n-1,3)=round(ArrivalT(n));
Tampil(n-1,4)=round(ServiceT1(n));
Tampil(n-1,5)=round(ServiceEndT1(n));
Tampil(n-1,6)=round(DelayT1(n));
Tampil(n-1,7)=round(ServiceT2(n));
Tampil(n-1,8)=round(ServiceEndT2(n));
Tampil(n-1,9)=round(DelayT2(n));
Tampil(n-1,10)=round(ServiceT3(n));
Tampil(n-1,11)=round(ServiceEndT3(n));
Tampil(n-1,12)=round(DelayT3(n));
Tampil(n-1,13)=round(ServiceT4(n));
Tampil(n-1,14)=round(ServiceEndT4(n));
Tampil(n-1,15)=round(DelayT4(n));
Tampil(n-1,16)=round(WaitingT(n));

end
tabel(:,1:3)=Tampil(:,1:3);
for i=1:size(Tampil,1)
    if Tampil(i,4)~=0
        tabel(i,5)=Tampil(i,4);
        tabel(i,6)=Tampil(i,5);
        tabel(i,4)=Tampil(i,6);
        tabel(i,7)=1;
    end
end

```

```

elseif Tampil(i,7)~=0
    tabel(i,5)=Tampil(i,7);
    tabel(i,6)=Tampil(i,8);
    tabel(i,4)=Tampil(i,9);
    tabel(i,7)=2;
elseif Tampil(i,10)~=0
    tabel(i,5)=Tampil(i,10);
    tabel(i,6)=Tampil(i,11);
    tabel(i,4)=Tampil(i,12);
    tabel(i,7)=3;
else
    tabel(i,5)=Tampil(i,13);
    tabel(i,6)=Tampil(i,14);
    tabel(i,4)=Tampil(i,15);
    tabel(i,7)=4;
end
end

tabel(:,8)=Tampil(:,16);
set(handles.tabel4,'Data',tabel);
pelayanan=sum(tabel(:,5))/(size(tabel,1));
tunggu=sum(tabel(:,8))/(size(tabel,1));
wakedatangan=sum(tabel(2:25,2)/((size(tabel,1)-
1)));
var1=var(tabel(:,5));
var2=var(tabel(2:25,2));

%panjang antrian
s=4;
lamnda=1/wakedatangan;
miu=1/pelayanan;
lamnda2=25/6;
miu2=25*3600/pelayanan;
lm=lamnda/miu;
util=lamnda/(s*miu);
nol=(lm^0)/(factorial(0));
satu=(lm^1)/(factorial(1));
dua=(lm^2)/(factorial(2));
tiga=(lm^3)/(factorial(3));
po=1/(nol+satu+dua+tiga+(lm^s)/(factorial(s)*(1-
util))));
lq=(po*(lm^s)*util)/(factorial(s)*((1-
util)^2));%*((miu^2+var1+(var2*lamnda^2))/(2*(3600^2));
ls=lq+lm;
%wq=lq/lamnda2;
pelayananmenit=pelayanan/60;
tunggumenit=tunggu/60;
ws=pelayananmenit+tunggumenit;
%wakedatanganmenit=wakedatangan/60;

```

```
set(handles.rata2_proses, 'String', pelayananmenit); %rata2p  
roses
```

```
set(handles.tunggu_proses, 'String', tunggumenit); %menunggu  
untuk proses
```

```
set(handles.tunggu_sistem, 'String', ws); %waktu  
tunggu dalam sistem
```

```
set(handles.panjang_antrian, 'String', lq);  
%panjang antrian
```

```
set(handles.panjang_unit, 'String', ls); %panjang  
unit dalam sistem
```


BIODATA PENULIS



Kurnia Robby Alfazri, penulis lahir di Mojokerto, tanggal 20 Agustus 1993. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Miskan dan Lik Isrofin. Jenjang pendidikan yang telah ditempuh dimulai di TK Al-Ishlah Trowulan, menduduki bangku SD Negeri Bejijong 1 selama 6 tahun, diterima di SMP Negeri 2 Trowulan, dan SMA Negeri 1 Sooko yang merupakan sekolah favorit di Kabupaten Mojokerto. Kemudian dengan jalur SNMPTN regular 2011, penulis berhasil masuk ke Jurusan Matematika di ITS pada tahun 2011. Selama kuliah di Jurusan Matematika ITS, penulis mengambil Bidang Studi Matematika Terapan Riset Operasi dan Pengolahan Data. Penulis juga aktif berorganisasi di UKM KSR PMI ITS selama 2 tahun dan Paguyuban KSE ITS pada tahun terakhir setelah dinyatakan memperoleh Beasiswa KSE. Motto hidup adalah “Benih Masa Depan Terkubur di Masa Lalu”. Karena itu, penulis meyakini bahwa apa yang diperoleh kelak di masa depan adalah apa yang sejatinya diusahakan sebelumnya yang diiringi dengan niat yang tulus dan ikhlas menjalani serta doa yang selalu dipanjatkan sebagai pupuknya. Segala masukan berupa kritik, saran maupun pertanyaan mengenai Tugas Akhir ini dapat menghubungi penulis melalui alamat email fazri0025@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”